حلول بيئية

(الجزء الأول)

تقنيات معالجة النفايات السائلة

(مياه الصرف الصحي والصناعي)

دكتور/ ممدوح فتحي عبد الصبور

استاذ البيئة بقسم بحوث الاراضي والمياه

بمركز البحوث النووية

هيئة الطاقة الذرية

الناشر : المؤلف
E-mail: freemfs73@yahoo.com

المحتويـــات

مقدمـــــة :

إذا كان الإستهلاك المُسرِّف ملمحاً سلبياً يتعين إجتنابه كنمط إنتاجي وأسلوب حياة فإنه أشد ما يكون خطورة حين يتعلق بالمياه شريان الحياة لمصر ، لاسيما وهي تخطو قدماً في تنفيذ مشروعها العملاق في جنوب الوادي.

وأن صون المياه يحتل مكان القلب في تنمية الموارد الطبيعية على نحو يحقق التنمية المتواصلة في إطار الزمن الممتد إلى المستقبل.

بحيث يجد الجيل الحاضر ما يُشبع حاجاته الأساسية المشروعة ، دون أن يحرم الأجيال القادمة من قدرتها على إنتاج ما يشبع حاجاتها الأساسية.

والمياه هي قضية مصر اليوم ، ويتزايد خطرها مع سنوات المستقبل ، وهي قضية قومية بمعنى أن حُسن إدارتها وترشيد تناولها يحتاج إلى أن ينهض كل مصري بدوره وأن يتحمل تكاليف دوره هذا ، فترشيد إستخدام المياه يتصل من صنبور الماء في المنزل ، إلى كمية مياه الري في الحقل ، إلى نوع المحصول الذي يزرعه صاحب الحقل ، إلى كميات المياه الداخلة في العمليات الصناعية وفي محطات القوى ، هذه المسئولية يتحملها المصريون جميعاً.

ولا تقتصر على وزارة الري أو الزراعة ، لأن التوسع الزراعي في القرن القادم يعتمد على ما يمكن توفيره من موارد المياه ، ويعتمد أيضاً على علاقاتنا مع دول حوض

نهر النيل التسع وعلاقاتنا بدول الجوار التي تُشاركنا في أحواض المياه الجوفية ، وذلك في إطار العلاقات الاقليمية والدولية. وتتحمل الهيئات العلمية في مراكز البحوث والتطوير والابتكار أيضاً مسئوليتها بتوسيع آفاق الإمكانات المتاحة لمصر من مصادر المياه الإضافية غير التقليدية ووضع الأسس الإقتصادية السليمة لحسابات إدارة الموارد المائية.

إن صون الموارد المائية المُتاحة لمصر من التلوث ، وهي موارد محدودة يتزايد عليها الطلب ، وحُسن إدارة هذه الموارد هو أحد مشروعاتنا القومية للقرن القادم والتي تتطلب الجهود والعزائم ، ويؤدي فيه كل فرد دوره ويتحمل مسئوليته.

ولا يُمكن أن تدخل مصر إلى القرن الحادي والعشرين وسلوك الناس تجاه الموارد المائية على النحو الحاصل إعتقاداً بأن المياه جارية في نهر النيل منذ الأزل وإلى الأبد بلا حدود ، وأن ما من باعث للقلق على شُح المياه مهما كان الحال ، ومن ثم فإن القضاء على الهدر في المياه هو أساس لازم لحُسن إدارتها وتوجيهها ، ويتعين أن يكون عنصراً أصيلاً من عناصر ثقافتنا تتشربه أجيالنا الجديدة لصون مواردنا مع تعاظم إحتياجاتنا إليها.

المؤلف

الفصل الأول
الوقع البيئي للمياه العادمة

بالرغم من إتساع المسطح المائى على سطح الكرة الأرضية والذى يبلغ ٧١% فى حين تبلغ اليابسة ٢٩% فقد ظهرت الآثار الضارة لنشاطات الإنسان على البيئة المائية ، وبالرغم من محاولات الإنسان فى التحكم فى المياه والمحافظة عليها إلا أن تجاوزات التطبيقات التكنولوجية المتاحة والإهمال والجهل فى بعض الحالات قد أدت الى تلوث العديد من المصادر المائية ومايتبع ذلك من موت الكائنات البحرية، والطيور التى تتغذى على بعضها وما يشكله ذلك من خطر إنتقــال السموم الى سلسلة الغذاء والإضرار بالإنسان نفسه. فمثلاً يحتضر البحر الأبيض المتوسط ويتحول تدريجياً الى مقبرة للأسماك لأن هناك مائة وعشرين مدينة تصرف مجاريها فيه وتلقى بنفاياتها ومخلفات مصانعها ، ونفس الشئ فى بحر الشمال والبلطيق وكذلك أنهار الراين والتيمز والألب والسين ، ومعظم الخلجان والبحيرات لم تعد أسماكها تصلح للإستهلاك الآدمى حيث يتراكم فى أجسامها المبيدات وبنسب قاتلة وعناصر الزئبق والكادميوم والرصاص وإنتشرت أمراض الفشل الكلوى والكبدى وتليف المخ وإلتهاب الأعصاب نتيجة تلوث الأسماك ، ومياه الشرب.

ويعتبر الماء ملوثاً بمادة أو أكثر إذا كان غير مناسب للإستعمالات المقصودة منه سواء منزلية – زراعية – صناعية ، أو لتكاثر وتربية الأسماك ، والحياة البرية ، وتحديد المغذى النسبى لمصادر تلوث المياه التى يتسبب فيها الإنسان أمر معقد لأن الملوثات تدخل المياه غالباً فى صورة مخاليط معقدة من مواد عضوية وغير عضوية تكون خصائصها غير معروفة الى حد كبير. وللتغلب على هذه الصعوبات يستخدم بعض العوامل أو الدلائل الجامعة لوصف حالة المياه مثل الأكسجين البيوكيماوى المستهلك ، الأكسجين الكيماوى والأكسجين المذاب ، الرقم الهيدروجينى .. الخ.

وعادةً فإن مخلفات المجارى ومخلفات الصرف الزراعى والصناعى من أهم مصادر تلوث المياه السطحية والجوفية. كذلك فإن التصرفات الحمضية لمياه صرف المناجم وما تحتويه معادن ثقيلة وبتركيزات سامة تعد من أسرع مصادر تلوث البيئة المحيطة بها. وقد أحس الإنسان بمدى خطورة تلوث المصادر المائية والندرة النسبية للمياه الصالحة للإستهلاك الآدمى ، فوضعت الدول التشــريعات القانونيــة للحد من إلقــاء المخلفات وتلويث المياه ونصت على ضرورة معالجة المياه العادمة (كيميائياً وبيولوجياً) ، وإعادة إستخدامها بعد تنقيتها. ونشطت علوم هندسة البيئة وكيمياء البيئة لتقدم حلول تكنولوجية للتخلص من مياه المخلفات ومعالجتها بطرق عديدة لتقليل آثارها السيئة على البيئة. وقامت الدول المتقــدمة بإنشاء شبكات معلومات لبيان موقف تلوث المصادر المائية على المستوى القومى والمحلى. فمثلاً هناك شبكة معلومات ضخمة فى الولايات المتحدة أنشئت فى الستينات تسمى STORET بإستخدام الحاسبات الإلكترونية حيث يتم تخزين المعلومات والبيانات الواردة من ١٨ ألف محطة أخذ عينات فى كل الولايات المتحدة (مياه سطحية وجوفية) حيث يفيد تراكم ذه البيانات على فترات زمنيــة طويلة مع المواقع المختلفة وربطهــا بالنشاطات الإنسانية الجارية مما يسهل معه التنبؤ بالمشاكل البيئية المتوقعة ووضع حلول لتفادى حدوثها.

بدأت مصر حديثا فى إنشاء شبكة قومية لمسح تلوث مياه النيل حيث يوجد حوالى ١٧ محطة رصد تقوم بأخذ عينات مياه يومياً من النيل وإجراء التحليلات اللازمة كمؤشرات مختلفة للتلوث ، وجارى إنشــاء ٢٥٥ محطة تليمترية على مجرى النيل من أسوان الى القاهرة ، وأعتقد أنه يلزم لتحقيق مراقبة تلوث المياه فى مصر فإن الأمر يتطلب انشاء مئات من محطات أخذ العينات بطرق قياسية

موحدة سواء من مياه النيل والترع والمصارف والبحيرات بالإضافة لمياه الآبار الجوفية. كذلك عينات مياه الصرف الصناعى والصحى ومراقبة كفاءة معالجتها قبل إلقائها فى المصدر المائى.

كما قد يكون من المناسب أيضاً وخاصة فى الظروف الإقتصادية الحالية التدرج فى معالجة ملوثات البيئة المائية حسب درجة خطورتها والتعامل معها من هذه الزاوية.

أ) فالملوثات الخطرة وهى كل مايشكل خطورة على البيئة المائية وثرواتها على صحة الإنسان أو تشكل خطراً على الإستخدامات الطبيعية للمياه فهذه تمنع منعاً باتاً ويجب حظر صرفها نهائياً للمجارى المائية.

ب) ملوثات أقل خطورة من سابقتها ، ويمكن معالجتها قبل السماح بتسربها للبيئة المادية.

ج) ملوثات قليلة الخطر يمكن معالجتها أيضا وبسهولة قبل السماح بتسربها للبيئة المائية.

وقبل سن القوانين والتشريعات الخاصة بمكافحة تلوث المياه يجب أن يسبق ذلك حملة إعلامية وتثقيفية مكثفة تستثمر شغف المواطنين وحماسهم للإستجابة لمتطلبات قوانين حماية البيئة تلقائياً ، وأن يكون نابع منهم ، وبمحض إرادتهم فى سبيل مصلحتهم ومصلحة الأجيال القادمة من بعدهم. خاصة وأننا مطالبون وبشدة بترشيد إستهلاكنا من الموارد المائية فى مختلف أوجه إستخدامها توفيراً للنفقات الإستثمارية والتكاليف الإقتصادية لتوصيل مياه الشرب وتقنين إستخدام المياه فى الأغراض الزراعية بالوسائل غير التقليدية حفاظا على قطرة الماء ذلك العنصر الإستراتيجى الهام للغاية ، وتكفى نظرة لما حولنا لقارتنا الأفريقية لنرى آثار القحط

الذى أصاب أكثر من نصف عدد دولها ، وفى مصر نقصت الموارد المائية ، ويمكن إيجاز تقديرات الموارد المائية السنوية المتاحة لمصر من مواردها المختلفة (مليار م^{٣}/سنة) من خلال الجدول رقم (١).

وتبين العلاقة السكانية فى مصر تواصل التناقص فى حصة الفرد سنوياً من المياة فبينما كان نصيب الفرد عام ١٩٧٠ قرابة ١٦٥٠ م^{٣} أصبح ١٠٤٧ م^{٣} فى عام ١٩٧٩ بنسبة هبوط قدرها ٣٦% ، ومن المقدر ان يتواصل هذا التناقص حتى ٥٠% عام ٢٠٠٠ ، والى ٥٨% عام ٢٠١٠ ليكون نصيب الفرد ٨٢٦ ، ٦٩٤م^{٣} على التوالى ، ومن هنا تظهر أهمية إعادة إستخدام المياة فى إطار مفهوم شامل مؤداه أن نفايات اليوم موارد للغد ، حيث إن إعادة إستخدام المياه يعتبر بمثابة مورد هام للمياه فى مصر خاصة بالنسبة لمياه الصرف الزراعى.

جدول رقم (١) : يوضح الموارد المائية السنوية المتاحة لمصر.

السنوات / الموارد	١٩٧٥	١٩٨٨	١٩٩٢	٢٠٠٠	٢٠١٠
نهر النيل	٥٥,٥	٥٢,٥	٥٢,٠	٥٥,٥	٥٥,٥
أعالى النيل	-	-	-	٢,٠	٣,٥
صرف زراعى	١٢,٢	٤,٦	٦,٥	٦,٥	٦,٥
صرف صحى	-	-	٠,٥	١,٠	١,٥
مياه جوفية	٠,٥	٢,٦	٤,٠	٤,٠	٤,٠
إجمالى	٦٨,٢	٦٠,٠	٦٣,٠	٦٩,٠	٧٢,٠

ولا تقتصر قضية المياه على الكم المتاح لها للإستخدام وإعادة الإستخدام كمورد مائى بل تمتد إلى نوعية المياة التى أصبحت تعانى

من مشكلات التلوث وتتعرض الموارد المائية على سبيل الحصر إلى ستة مصنفات من الملوثات هى:

١) ملوثات عضوية لها إحتياج عالى من الأكسوجين.
٢) مواد تحتوى على نسبة عالية من النترات والفوسفات.
٣) مواد سامة مثل المبيدات والمعادن الثقيلة والمواد البترولية.
٤) مواد صلبة مترسبة.
٥) كائنات حية ممرضة.
٦) مواد مشعة.

ويتعرض نهر النيل وفروعة إلى التلوث بالمخلفات الناتجة عن الأنشطة العمرانية والصناعية ، وعلى طول النهر (حوالى ١٢٠٠ كم) يلقى فى النهر مخلفات آدمية زراعية وصناعية بالإضافة إلى التلوث الناجم عن النفط النهرى. وقد تبين أن هناك حوالي ٧٠٠ مصنع تلقي بمخلفاتها الصناعية في مياه نهر النيل مباشرة دون معالجه ويبلغ مقدار الصرف الصناعي ٤١٥ مليون متر مكعب من الملوثات في السنه. ومما يزيد حدة التلوث فى النهر وخاصة فى الفروع هو إزدياد معدل سحب المياة من وإلى النهر وإنخفاض معدل التصرف فى الفروع وبالتالى إنخفاض معدل تخفيف المياة للملوثات.

أما بالنسبة إلى المياه الجوفية فإن مصادر تلويثها يشمل الآتى:
تسرب مياه المجارى من شبكة الصرف الصحى ، نفاذ مياة سطحية ملوثة إلى مصدر المياة الجوفية ، التخلص من المخلفات الصناعية والإستخدام الزائد للمبيدات والكيماويات الزراعية.

وبمقارنة خواص مياة النيل قبل وبعد إنشاء السد العالى نجد أن هناك ظواهر مؤكدة عن تدهور حالة مياة النيل وأهم هذة الظواهر هو النشاط الطحلبى الذى زاد زيادة كبيرة ($١٠^{٥}-١٠^{٧}$ / لتر) مما يؤدى إلى إنخفاض كفاءة المرشحات فى عملية تنقية مياة الشرب. كذلك كان له تاثير على الخواص الطبيعية من حيث الطعم والرائحة. ثانى هذه الظواهر هو إرتفاع الأملاح الذائبة بحوالى ٨-١٠% نتيجة للبخر وإلقاء مياه الصرف الزراعى والمخلفات السائلة. ثالث ظاهرة هى درجة التلوث العضوى، وتعتبر تركيزات كل من مجموعة النيتروجين والفوسفات والمواد العضوية مقدرة بطريقة BOD , COD ضمن دلائل التلوث الكيميائى. ورابع هذه الظواهر هى درجة التلوث البيولوجى ، وقد سجلت الدراسة عداً لبكتيريا القولون ($١٠^{٢}-١٠^{٤}$) يفوق الأعداد التى سجلت أيام الفيضان قبل السد ، ومن أهم الملوثات التى تؤثر على نوعية مياه النيل هى المركبات العضوية والتى تتفاعل مع الكلور مسببه ظهور مركبات عضوية مكلورة ، والمبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة ومشتقات البترول وجميعها مركبات كيميائية لها سّمية عالية.

ويستلزم التخطيط الجيد لمراقبة تلوث المياه فى منطقة ما على وجود ميزانية مفصلة عن تركيب وحجم جميع الملوثات (مدخلات ومخرجات) أى الكميات التى تدخل فى الشبكة، والكميات التى تخرج منها ، وعادة توجد بيانات عن مصادر وكميات مياه الصرف الصحى ولكن لا تتوفر معلومات كافية عن مخلفات ميـــاه الصرف الصناعى من حيث الكمية والنوع.

ومن أهم مصادر تلوث المياه في مصر هو الصرف الصناعي والصرف الصحي وسنلقي الضوء بايجاز علي كل منهما :

(١) مصادر صناعية :

ومن دراسة عن كميات الملوثات التي تلقي في نهر النيل وفروعه بالاقاليم المختلفة في مصر تبين أن الحمل اليومي للملوثات يزداد بزيادة النشاط الصناعي في الاقاليم حيث كانت القاهرة الكبري والاسكندرية أكثر المناطق تأثرا بالملوثات مثل المعادن الثقيلة والزيوت والشحوم مما يرفع من قيمة استهلاك الاكسجين وبالتالي تدهور الحياة المائية ، كما أن الوجه القبلي ترتفع فيه نسبة المواد الذائبه نتيجة لتطبيق النشاط الصناعي في المنطقة المعتمدة علي صناعة الورق والسكر. ويقدر اجمالي كميات مياه الصرف الصناعي والتي يتم التخلص منها بحوالي ٨٠٠ مليون م٣/سنويا ، ويلقي منها ٤٠٠ مليون متر مكعب سنويا في النيل وفروعه (٥٠%) بينما يتم التخلص من باقي كميات الصرف الصناعي في المصارف الزراعية (٢٥%) ، والايار الجوفية (١٠%) ، شبكات الصرف بالمدن (١٢ر٥٠%) البحار والبحيرات (٢ر٥%) كما يتضح من جدول رقم (٢) ، (٣).

فعلي سبيل المثال أوضحت احدي الدراسات المتخصصة (البربري ١٩٨٧) عن محطات مياه الشرب الاثنتي عشرة الموجودة في القاهرة الكبري ، وتبين أنها جميعا تعاني من عملية الصرف الصناعي غير المنضبط ، واتضح من الدراسة أن الصناعة لاتلتزم علي الاطلاق بقوانين الصرف السليمة. ففي منطقة حلوان مثلا تصب جميع الصناعات مخلفاتها في النهر ، وفي نقط قريبة جدا من مأخذ المياه لمحطات المعالجة لماء الشرب ، كما أن الطرق التقليدية لتنقية المياه لاتقضي علي الملوثات الصناعية (مثل الهيدروكربونات) والملوثات غير العضوية والمبيدات الحشرية والمركبات الكيمائية المختلفة ، ومما يزيد الطين بله أن الملوثات

العضوية تتفاعل مع الكلور المستخدم في تعقيم المياه لتنتج مواد هيدروكربوهيدراتية تسبب العديد من الامراض كالسرطان.

جدول رقم (٢): يوضح كمية الملوثات التي تلقي من قطاع الصناعة بالاقاليم المختلفة في ج.م.ع والكميات مقدرة بالطن/يوم

المحافظات	مواد عضوية C.O.D	استهلاك الاكسجين في الماء C.O.D	زيوت وشحوم	مواد عالقه	مواد ذائبه	معادن ثقيله
القاهرة	٧١	١٢٠	٩٣	٩٧	١٣٥	٧٥ر٠
الاسكندرية	٩١	١٨٦	٤٤	٤٠	٢٤٦	١٣٧ر٠
الوجه البحري	٣٤	٤١	٢٤	٨٦	٢٢٤	٥ر٠
الوجه القبلي	٧٢	٢٤	٥	٦٨	٥٣٢	٢ر٠
محافظات القناة والمدن المائية	٢	٢	٤ر١	٥	٦ر١٤	٠٣ر٠
الاجمالي	٢٧٠	٣٩٤	١٦٨	٢٩٦	١١٥١	٦٢ر١

مصدر : جامعة الدول العربية ، الادارة العامة للشئون الاقتصادية ، تقرير وتوصيات لجنة تسيير برنامج مكافحة التلوث الصناعي في الوطن العربي ١٩٩٢.

جدول رقم (٣) : يوضح كميات مياه الصرف الصناعي وفق نوعية مستقبلات الصرف.

نقاط الصرف	كميات المياه بالمليون م٣/سنة	النسبه من الاجمالي
النيل والترع	٤٠٠	٥٠%
المصارف الزراعية	٢٠٠	٢٥%
الابار الجوفيه	٨٠	١٠%
البحار والمحيطات	٢٠	٢ر٥٠%
شبكات المدن	١٠٠	١٢ر٥٠%
الاجمالي المنصرف	٨٠٠	١٠٠%

جامعة الدول العربية ، الادارة العامة للشئون الاقتصادية تقرير وتوصيات لجنة تسيير برنامج مكافحة التلوث الصناعي والوطن العربي ١٩٩٢ .

٢) <u>الصرف الصحي</u> :

تتزايد مشكلة الصرف الصحي في المدن الكبري حيث تتسع المدينة وتتصل بضواحي المدن الاخري المجاورة ، ويتكون من الجميع وحدة سكنية بالغة الضخامة ، مثل مدينة القاهرة الكبري ، ولاشك أن اتساع رقعة المدينة بهذا الشكل الهائل وزيادة تعداد سكانها يلقيان عبئا ثقيلا علي عاتق المسئولين عن عمليات الصرف الصحي والتخلص من النفايات .. وعند القاء مياه الصرف الصحي في المجاري المائية الطبيعية (مثل الانهار والبحيرات) فانها تفسد

هذه المجاري المائية وتجعلها غير صالحه لحياة مختلف الكائنات ، وذلك لان مياه الصرف الصحي تحمل بين طياتها كثيرا من المواد الضارة ، ومن الطبيعي أنها تجعل مياه هذه المجاري المائية غير صالحه للشرب •• وقد تستطيع بعض المجاري المائية الكبيرة مقاومة الضرر الناتج من هذه المياه الملوثه مثل البحيرات الكبيرة أو الانهار سريعة الجريان ، فهي قد تسلك مسلك الانظمة البيئية المتوازنة مما يجعلها قادرة (في حدود معينة طبعا) علي التخلص من عناصر التلوث بكفاءة معقولة ويمكن لبعض أنواع البكتيريا التي تعيش في مياه هذه الانهار والبحيرات أن تشترك مع ضوء الشمس ومع غاز الاكسجين الذائب في الماء ، ومع بعض عناصر التحليل الاخري في التخلص من بعض الشوائب والفضلات العضوية سواء كانت هذه المواد العضوية واردة مع مياه الصرف الصحي ، أو ناتجة من موت بعض النباتات والحيوانات التي كانت تعيش في هذه المياه.. وكفاءة هذه المياه الطبيعية في التخلص من الفضلات العضوية والشوائب الاخري ليست كفاءة مطلقة ، ولكن لها حدودا معينة لاتتعداها ، ويجب علينا دائما أن نأخذ ذلك في الاعتبار ونحرص علي الا تتعدي هذه الحدود بحال من الاحوال ولو أن كمية الفضلات التي تلقي في النهر أو في البحيرة زادت علي حد معين لاختل هذا النظام المتوازن ، ولحدث التلوث وبدت آثاره واضحه للعيان ، ويتوقف الزمن الذي تفسد فيه مياه المجري المائي ، ولاتعود صالحه للاستعمال علي عدة عوامل منها:

١) سرعة تيار المياه في المجري المائي•
٢) كمية الاكسجين الذائب في هذه المياه•
٣) السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتريا تحليل هذه الشوائب والفضلات•
٤) مدي حجم الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المجري المائي ونوعيتها وهوالاهم•

وعندما تكون المدينة صغيرة الحجم فان مياه الصرف الصحي الناتجة منها تكون قليلة نسبيا ، واذا كان النهر الذي تلقي فيه هذه المخلفات واسعا كبيرا وتتحرك مياهه بسرعه معقولة في اتجاه بعيد عن المدينة ، فان التلوث الناتج من القاء هذه المدينة للمخلفات في هذا النهر لن يدوم طويلا، وبعد أن تتحرك مياه النهر لعدة كيلومترات نحو المصب تكون هذه المخلفات قد تم تخفيفها ، وتكون العناصر الطبيعية المختلفة قد تمكنت من التخلص من هذه الفضلات ، وعودة مياه النهر بعد ذلك الي حالتها الطبيعية، وتحتاج الكائنات الحية البحرية الي وجود نسبة معينة من غاز الاكسجين الذائب في الماء حتي تستطيع أن تقوم بوظائفها ، ويجب الا تقل هذه النسبة عن أربعة أجزاء في المليون والا ماتت كل الكائنات البحرية التي تعيش في هذه المياه ، ولا يختلف في ذلك النبات أو الحيوان ، ولذا يجب مراعاة حجم مخلفات الصرف الصحي التي تلقي في المجاري حتي لاتتسبب في تغير نسبة الاكسجين الذائب في الماء ، وذلك لان هذه المخلفات عادة ماتستهلك قدرا كبيرا من هذا الاكسجين ، وقد تستهلك كل الاكسجين الذائب في الماء اذا زادت نسبتها عن حد معين ، وتقضي بذلك علي كل مظاهر الحياة في هذه المجاري ، ويفضل دائما الا تزيد نسبة مياه الصرف الصحي التي تلقي في الانهار علي ١ : ٧٠ أي بنسبة جزء واحد منها لكل سبعين جزءا من مياه النهر اذا لم تكن مياه الصرف الصحي قد سبقت معالجتها ، ويمكن تخفيض هذه النسبة الي ١: ٤٠ اذا كانت هذه المياه قد تمت معالجتها.

وفي مصر حيث تبلغ مخلفات المجاري المائية سنويا مايوازي ٤٠٨٨ مليون متر مكعب في السنه ، وتفرز في القاهرة وحدها ٤٧١ مليون متر مكعب منها ، بينما تفرز الاسكندرية ٣٦٥ مليون متر مكعب سنويا ، ويستهلك الانسان المصري في المتوسط

١٨٠ لترا في اليوم ، وعادة يقدر مايفرزه الانسان المصري من مياه الصرف الصحي بما يوازي ١٨٠ لترا تقريبا، وفي دراسة علي ٢٠ محطة للصرف الصحي علي مستوي الجمهورية كانت النتيجة أن ٦ محطات منها سيئة جدا ، ٧ محطات تحتاج الي احلال وتجديد ، ومحطة واحدة أزيلت فعلا ، ٣ محطات تحت العلاج ، ومحطتان تجري فيهما توسعات ، ومحطة واحدة فقط تعمل بكفاءة في مدينة منوف وذلك في عام ١٩٩١م ، ويوجد في القاهرة وحدها ١٧ محطة لتنقية مياه الشرب انتاجها اليوم ٣ ملايين متر مكعب في اليوم بمعدل ٢٠٠ لتر للفرد الواحد يوميا ، ٧٥% من هذه المياه يتم تنقيتها ، بينما ٢٥% من كمية المياه المستخدمة في الشرب من مصادر أرضية ، وتبلغ كفاءة الحد الاقصي لشبكة الصرف الصحي ٢ مليون متر مكعب يوميا بينما ما ينتج فعلا هو ٣ مليون متر مكعب سوف يرتفع عام ٢٠٠٠م ليصبح ٧٦ر٤ مليون متر مكعب ، وتتسبب مياه المجاري المنتشرة في بعض المناطق في ارتفاع كثافة البعوض الذي أصبح يوجد في جميع أحياء القاهرة سواء الاحياء الراقية أو المتوسطة أو الشعبية والذي أدي الي كثرة استخدام المبيدات المنزلية والتي تضر بالصحة العامة للمواطن. كما أن معظم قري مصر لم تدخلها المجاري ولكن دخلتها المياه العذبة ، ولقد صممت ترنشات صرف المجاري في الريف بأن تقوم بترشيح المياه علي أن تبقي المواد العضوية لتتولي الكائنات الحية الدقيقة تحليلها والتخلص منها ، وظلت هذه الترنشات تعمل بكفاءة خاصة في الوجه القبلي ، وبعض القري الصحراوية حيث مستوي الماء الارضي منخفض ، الا أن هذه المشكلة أصبحت خطيرة في الدلتا حيث الماء الارضي علي بعد قد لايزيد علي ٥٠ سنتيمترا مما يسبب عدم قيام الترنشات بواجبها لدرجة أن مشكلة الصرف الصحي في معظم قري الوجه البحري من المشاكل الهامة ، وأصبحت من أهم مصادر التلوث.

الطبيعة الكيميائية للمياه العادمه :

أهم المكونات المعدنية لمعظم المياة العادمه أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمنيوم، والكالسيوم، والماغنسيوم، والكلوريد، والنترات، والبيكربونات، والكبريتات، والفوسفات، والمركبات العضوية المحمولة فى المياه العادمة، غير معروفة جيداً، ويستثنى بعض البحوث عن المبيدات الحشرية ، والمنظفات الصناعية ، وهناك القليل من الدراسات عن المواد الفينولية والأحماض الأمينية والدهنية فى مياه الصرف الصحى.

حددت وكالة حماية البيئة الامريكية ١٢٩ ملوثا بمياه الصرف الصناعي تم اختيارها بناء علي معرفة مدي تسببها في الاصابة بالسرطان أو احداث التشوهات الوراثية أو الاورام أو درجة سميتها الحادة العالية ومن أمثلة هذه الملوثات السائلة مايلي : الزرنيخ والسلينيوم والباريوم والكادميوم والكروم والرصاص والزئبق والفضة والبنزين والمركبات الهالوجينية ومبيدات الاعشاب والطحالب.

وكما نعرف جميعاً تتحرك المادة خلال المحاليل السائلة إما بالتدفق أو بالحمل ، وتتشتت بالانتشار، وقد تتحلل المادة فى أثناء إنتقالها من المصدر إلى المصرف أو المستقبل ، أو يحدث لها تحولات عديدة كيميائية أو طبيعية، أو بيولوجية، ولهذا فلا بد من فهم هذه التحولات وطريقة الإنتقال المؤثرة حتى نستطيع تحديد تأثير المواد المحمولة فى المياه على البيئة ، ومن المعلومات المتوافرة أمكن الوصول حالياً لوصف رياضى باستخدام الحاسبات الإلكترونية أمكن إستنباط نماذج لوصف كيفية إنتقـــال الملوثات فى المجرى المائى ، ولكن مازالت عمليات التحلل البيولوجية لهذة المواد اثناء الإنتقال تسبب بعض التعقيدات حيث تتداخل عمليات التحلل

البيولوجية أثناء الإنتقال مما يعجز الوصف الرياضى عن التنبؤ به بدقة.

ودراسات كيفية إنتقـــال الملوثات فى المجارى المائية فى غاية الأهمية حيث نتفهم مصير هذة الملوثات ونستطيع تحديد الكميات التى يمكن صرفها فى المجارى المائية ، والآماكن التى يمكن ان تصرف فيها دون إحداث أضرار بيئية.

وتحدث فى الأجسام المائية تفاعلات كيميائية بلا توقف عند أسطح الإلتقاء بين المياه والرواسب وبين المياه والهواء ، فمثلاً قد تعمل الرواسب الطفيلية وأكاسيد المنجنيز والحديد المائية الموجودة فى رواسب الآنهار على إزالة الفلزات الثقيلة من المياه ، وقد نشأت حديثاً دراسات توظف معلومات الكيمياء الديناميكة حيث يمكن من دراسات سرعة التفاعل بين الكاتيونات والآنيونات فى المحاليل الإلكترونية حيث يمكن التنبؤ بالمركبات السائدة والمترسبة فى المياه ، وقد تطورت نماذج الحاسبات الآلية لتعطى صورة كاملة عن الإتزان الكيميائى للمحاليل (مياه سطحية - جوفية).

وتلوث المياه بالمعادن الثقليلة قضية خطيرة من ناحيتين الصحة البيئية وكذلك الدورة الجيوكيميائية لهذه العناصر. ومن الجدير بالذكر أن معظم العناصر النادرة خاصة العناصر الثقيلة لاتوجد فى الصورة الذائبة لفترة طويلة فى المـــاء ولكنها تتواجد فى صورة معلقات غروية أو تثبت فى مادة معدنية أو عضوية. ولهذا فإن تركيزات المعادن فى رواسب القاع أو فى العوالق الحية Plankton يعتبر كدليل ومؤشر كافى على تلوث المياه. ولتوضيح هذه النقطة نشير الى بعض الدراسات التى قمنا بها على عينات مأخوذة من بحيرة التمساح (مياه - رواسب - طحالب وهائمات) حيث كان تراكم العناصر الثقيلة فى الطحالب أكبر بكثير من محتوى

الرواسب ، والأخيرة أكبر من التركيزات الذائبة فى الماء كما نشاهد فى جدول (٤) :

كما لوحظت نفس الخاصية فى دراسة عن عينات مياه ترعة الإسماعيلية إذا ماقورنت بعينات الرواسب ونبات ورد النيل كما فى جدول (٥).

وقد أظهرت الدراسات أن رواسب القاع يمكن أن تعتبر أكبر مستقبـــل Sink للعناصر الثقيلة التى تلقى فىالبيئة المائية. كما أوضح المؤلف وآخرون أن نبات ورد النيل يمكن إستخدامه بكفاءة كمؤشر حيوى عن تـــلوث المجرى المائى ببعض المعادن الثقيـــلة.

جدول رقم (٤) : يوضح متوسطات بعض المعادن الثقيلة فى عينات (ماء - رواسب - هائمات)

العنصـــر	مــــاء ميكروجرام / لتر	رواسب ميكروجرام/جم	هائمات مليجرام / جم
كادميوم	٠,١٧	١,١٠	٢,١٨
كوبالت	١,٠٥	٠,٠٩	٥٥,٠٠
كروميوم	٠,٤٨	٧,٣٠	٣٧,٠٠
نحاس	٢,٠٣	١٢,٥٠	٤٦,٠٠
رصاص	١,٨٤	١٥,٤٠	٤٠,٩٠
زنك	٤,٨٦	٤٠,٦٠	٩٤,٥٠

جـــدول رقم (٥) : يوضح متوسطات تركيزات بعض العناصر الثقيلة فى عينات(مياه – رواســب – وعــينـــات ورد النيــل) مأخــوذة من ترعة الإســماعيليــة.

العنصـــر	مــــــاء ميكروجرام / لتر	رواسب ميكروجرام/ جم	ورد النيــــل ميكروجرام/ جم
كادميوم	٠,٥٠	٤,٠٠	٠,٣٠
كوبالت	٥,٧٠	١٥,٤٠	١,٨٠
كروميوم	٤,٣٠	٩٠,٤٠	٨,٣٠
نحـــاس	٣,١٠	٦٢,٤٠	٢٠,٥٠
رصـــاص	٣,٩٠	١٣٩,٤٠	٦,٨٠
زنــــك	٥,١٠	١٠٥,٠٣	٣٥,٨٠

أما بالنسبة للعناصر التى تكون مركبات سهلة التطاير مثل البروم واليود فعادة يكون أعلى تركيز لها فى المياه السطحية القريبة حيث تتبخر من السطح وفقاً لظروف المناخ فوق سطح الماء.

ومن الجدير بالذكر أن التحولات الميكروبية القلوية لمجموعة المعـــادن مثل الزئبق والسلينيوم والأرسين ، والأنتيمون والتى تحدث أساساً على أسطح الراسب والجزئيات المعلقة فى الماء تؤثر بدرجة كبيرة على حركية هذه العناصر.

وفي دراسة للهيئة العامة للتصنيع أوضحت النتائج عدم التزام بعض المنشآت الصناعيه بالمعاييرالتي نص عليها القانون ٤٨ لسنة ٨٢ لمواصفات المياه المصروفه علي مجري مياه عذب وقد ادي

ذلك الي ارتفاع معدلات التلوث خاصه بالعناصر الثقيلة في مياه نهر النيل علي النحو التالي :

أ) ارتفاع التلوث بالزئبق في مياه نهر النيل بالوجه القبلي نتيجة لصرف مخلفات الصناعة بشركتي كيما والسكر والتقطير.

ب) ارتفاع التلوث بالرصاص في مياه نهر النيل بالوجه القبلي نتيجة لصرف المصانع كما ترتفع نسبة التلوث في القاهرة الكبري نتيجة صرف مخلفات شركة أبو زعبل وسكر الحوامدية.

ج) ارتفاع التلوث بباقي المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والكروم والنحاس والنيكل في كل من الوجه القبلي والقاهرة الكبري بمعدلات تفوق المعايير المحدد بالقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ كما يوضح جدول (٦).

كما تعد البحيرات الشمالية في مصر والتي استخدمت منذ عام ١٩١٣ كمصبات للمصارف الزراعية الرئيسية ومع مرور الزمن استخدمت كمصبات لشبكات الصرف الصحي وهي تعد احد المناطق البحرية شديدة التلوث نتيجة للتراكم المستمر للملوثات وتعتبر بحيرة مريوط والمنزلة من اكثر بحيرات العالم تلوثا ونظرا للتركيز الشديد للملوثات في البحيرة فأن استهلاك اسماكها يشكل خطورة عاليه وسبب مباشر للاصابة بأمراض الفشل الكلوي حيث بلغ تركيز الزئبق في الاسماك ١٢٩٥ جزء / مليون في حين أن الحد الاقصي المسموح به هو جزء واحد / مليون .

جدول رقم (٦) : يوضح قياسات المعادن الثقيلة في نهر النيل وفروعه.

المحافظات	المعادن الثقيلة	زئبق	رصاص	كادميوم	كروم	نحاس	نيكل
القاهرة	٣٧٤ر٥٧	٥ر٢٧	٧٣ر٥٢	٦٣ر٩٦	٣٨ر٠٨	١٨٨ر٠٨	٥ر٦٥
الاسكندرية	٧ر٩٥	-	٠ر٨١	٠ر٨٢	٣ر٨٠	١ر٠٢	١ر٥٠
الوجه البحري	٢١ر٠٢	٠ر٢٤	١٢ر٥٢	١ر٠١	٠ر٣٥	٦ر٩	-
الوجه القبلي	١٠٨٣	١٥	٢٤١	٦٤	١١٠	٦٥٣	-
مدن القناة	٠ر٧٤	٠ر١	٠ر٣	٠ر٣	٠ر١	٠ر٣	-

المصدر : الهيئة العامة للتصنيع ، دراسة تأثير الصناعة علي البيئة في ج٠م٠ع

وأوضحت الإحصائيات أنه يصب سنوياً فى الأنهار حوالى ١٦٠ كم٣ من المياه الصناعية بالإضافة الى فضلات ومخلفات مياه المجارى والمياه العادمة ، وتقدر بحوالى ٤٧٠ كم٣ ، والتى تلوث مياه الأنهار والبحيرات والمحيطات ، وبسبب زيادة كمية المياه الملوثة التى ستجد طريقها إلى المسطحات المائية حيث ستصل إلى حوالى ٦٠٠٠ كم٣ سنويا ، وهذا يعنى أنه إذا بقيت الطرق الحالية من إستخدام المياه والتخلص منها بالقذف فى الأنهار والبحيرات والمحيطات هى السائدة فى المستقبل فإن العالم سيقبل على أزمة مياه نقية صالحة للشرب أو الإستعمال ، ولذلك فلابد من التفكير الجدى والسريع فى الإقتصاد فى إستهلاك المياه ، ويجب إعادة إستعمال المياه العادمة بعد معالجتها وعدم تلويث المسطحات المائية ، ولابد من تحويل كافة الصناعات إلى صناعات ذات حلقة مغلقة بحيث لاتصب مياهها فى المسطحات المائية على الإطلاق.

تلوث المياه ببقايا المبيدات :

تتلوث المياه السطحية والجوفية بالمبيدات أو مشتقاتها أما مباشرة بواسطة الرش الهوائي وأما بالجريان السطحي فوق أرض ملوثة أو بسريان المبيدات خلال التربة المعاملة الي المياه الجوفيه ، ومن العسير تحديد الكميات التي توجد بها المبيدات في المياه السطحية أو الجوفيه لانها توجد عادة بتركيزات أقل من جزء في البليون مما يشكل صعوبات في تحليل هذه المياه والكشف عن آثار المبيدات بها ، وعادة لابد من استخلاص المبيد من الماء بمذيب عضوي ثم تبخيره لتركيز المبيد ولما كانت المبيدات الموجودة في الماء موجودة علي صور عديدة " حرة – مدمصة – مرتبطة " فانه من المتوقع استخلاص جزء فقط ، وهناك العديد من مشاكل التحليل بأستخدام التحليل الكروماتوجرافي خاصة في وجود مواد عضوية دخيلة مما قد يتسبب في الحصول علي نتائج غير حقيقية مرتفعة ، ولكن التقنيات الحديثة مرتفعة التكاليف أمكنها التخلص من العديد من هذه المشاكل والحصول علي نتائج أدق وأكثر حساسية وتحتوي النشرات العلمية علي تقارير كثيرة عن بقايا المبيدات في الماء حيث أوضحت أن معظم المياه السطحية في الولايات المتحدة تحتوي علي مبيدات حشرية من فصيلة الهيدروكربونات المكلورة وأنواع من مبيدات الاعشاب مثل ال D-٤ , ٢ ومعظم هذه المركبات تكون مستقرة للغاية في التربة وقد تترسب في النهاية الي المياه السطحية والجوفيه واستخدمت هذه المبيدات في السنوات الاخيرة بكميات تؤكد أن أثار منها ستوجد في الماء لعدة سنوات قادمة حتي ولو أوقف استخدامها تماما في الوقت الحاضر.

فعندما يصل المبيد للماء يصبح قابلا للتوزيع خلال مكونات النظام الموجود فيه ، حيث يتأثر بالعمليات التي تؤدي لانتقاله وانهياره وتوزيعه. وعند الكلام عن توزيع المبيدات في الماء لابد

أن تؤخذ في الاعتبار معدلات ذوبانها في الماء ، والتي تختلف من مركب لاخر ، وبعض المبيدات ، مثل : النوفاكرون ، يمتزج تماما مع الماء ، ولكن جميع المبيدات – وبدون استثناء – يجب أن تتحقق لها كفاءة ودرجة معينة من الذوبان في الليبيدات ، حتي يمكنها النفاذ داخل أجسام الحيوانات والنباتات ، ويتخذ معيار التوزيع بين الاوكتانول والماء كمعيار لتحديد مدي سلوك المبيد الكيميائي في الوسط المائي ، وهذا العامل في غاية الاهمية ، خاصة مع المبيدات المجهزة علي صورة محببات " حشرية – نيماتودية – فطرية ٠٠ الخ " ، حيث يتحدد علي أساسها معدل الانفراد في الماء ، وبذلك تتحدد الكميات الحرة التي تؤثر علي الافات المستهدفة بعد فترة تلامس معينة في الماء٠

ومن التجارب الرائدة تلك التي أجراها Elgar ونشرت عام ١٩٨٤ ، حيث تم رش مبيد السيبرمثرين بتركيز عال علي السطح المكشوف لاحدي البرك ، ولقد اتضح توزيع المبيد خلال ١-٢٤ ساعة بعد المعاملة في هذا النظام ، ولقد وجدت أكبر كمية علي سطح الماء (٢٤ مليجرام) وعلي سطح النباتات المائية (٦-١٣ مليجرام) ، بينما وجد في مياه الاعماق ٤ر١ ميكروجرام فقط بعد ٢٤ ساعة ، ولم تصل المبيدات لطين القاع والاسماك الا بعد ٢٤ ساعة من المعاملة ، حيث وصلت الي ٢ر٥ ، ٥٠ ميكروجرام علي التوالي٠ ولدراسة أثر تلوث الماء علي الاحياء التي تعيش فيها عوملت المياه العادية ومياه البرك بمبيد السيبرمثرين بمعدل ٥ ميكروجرام ، ثم وضعت فيها الاسماك وتركت لمدة ٧ أيام ، ولقد أظهرت النتائج موت جميع الاسماك في المياه العادية ، بينما لم تحدث وفيات في حالة مياة البرك ، وهذا الاختلاف يرجع للاختلاف في معدل الذوبان في هذين الوسطين ، لان وجود المواد المعلقة في الماء يقلل من الذوبان ٠

وقد أجري قسم بحوث متبقيات المبيدات في المعمل المركزي حصرا لتلوث مياه النيل والمصارف بالمبيدات الكلورونية عام ١٩٩١ حيث وجدوا أن التلوث بمبيدات الكلورينية في مياه النيل يزيد كلما اتجهنا من اسوان الي قناطر الدلتا ويمكن ترتيب المبيدات الملوثة للمصارف والنيل تنازليا كمايلي :

DDT ومشتقاته > BMC ونظائره > الهباكلوايوكسيد > الدرين

ولتأكيد خطورة تلوث المياه بالمبيدات في حوض وادي النيل وانعكاسه علي تسمم الاسماك يكتفي أن نشير للوضع الحالي في بحيرة المنزلة والبرلس ومريوط بمصر.

الاثر الضار لتلوث المياه بالمعادن الثقيلة والمبيدات

جدول (٧) يوضح الأعراض والظواهر المرضية التي قد تصيب الانسان نتيجة لتلوث مياه الشرب بالمعادن الثقيلة.

قد تصل بقايا المبيدات الي الانسان مباشرة من خلال مياه الشرب الا أن تركيزاتها في معظم الحالات تقل بكثير عن المستوي الذي يؤثر بالسمية المباشرة وانما يبدو بأن الاستهلاك علي المدي الطويل يمكن أن يساهم في الامراض السرطانية. وتمثل مخلفات المبيدات في مياه الشرب مشكلة خطيرة بالنسبة لصحة الانسان ، ويحدث التلوث من جراء التسرب من المساحات المعاملة بالمبيدات مع حركة الماء ، ومن حسن الحظ أن الحساسية العالية للاسماك لمعظم المبيدات المستخدمة في مكافحة الافات تعطي مؤشرا دقيقا وواقعيا عن حالة تلوث المجاري المائية الموجودة بها ، وعلي سبيل المثال فان الاندرين والتوكسافين يحدثان سمية للاسماك بتركيزات ضئيلة جدا " جزء واحد في البليون " ، ومن ثم يمكن الكشف عن مخلفات المبيدات حيويا بأستخدام الاسماك كحيوانات تجارب ،

ولاتمثل المبيدات التابعة للمجموعة الفوسفورية أو الكاربامات مشكلة كبيرة في هذا الخصوص لسرعة تحللها المائي ؟ كما في حالة السيفين والجوثيون وغيرهما ، وتعتبر التربة ومحتواها المائي كمصيدة للمبيدات وتخفيف التركيزات الموجودة ، ومن ثم تقليل مايصل للنباتات المزروعة فيها ، ومن المؤسف أن عمليات التنقية التي تجري للمياه حتي تصبح صالحة للشرب لاتخلصها من مخلفات المبيدات خاصة من المجموعة الكلورينية ، وتوجد بقايا المبيدات في المياه في حدود ٠٠١ر٠ جزء في المليون ، ويشرب الانسان يوميا حوالي ٢ لتر ماء يحتويان علي ٠٠٢ر٠ مللجم من بقايا المبيد ، وهذه الكمية وبناء علي المعلومات المتاحة عن السمية – لاتحدث ضررا علي المستوي الحاد أو تحت الحاد لمعايير السمية .

ويرجع الخطر الرئيسي لبقايا مبيدات الهيدروكربون المكلور الي تراكمها في سلسلة الغذاء فان د.د.ت الموجود في مياه بحيرة مثلا يمكن أن تمتصه العوالق النباتية والحيوانية انتقائيا ، وهذه بدورها تأكلها الاسماك ، وفي أثناء ذلك يزداد تركيز بقايا المبيدات من مرحلة الي اخري هذا التراكم والتركيز يمكن أن يتخذ أبعاد هائلة في كل حلقة من سلسلة الكائنات الحية التي تتغذي علي بعضها البعض ، وقد اشارت بعض البحوث أن لكل جزء من البليون تحتويه مياه المصبات الخليجية يحتوي البلانكتون الذي يعيش فيها علي ٧٠ جزء من البليون ولحوم الاسماك علي ١٥ جزءا من المليون ودهون خنزير البحر علي ٨٠٠ جزء من المليون ويتفاقم الامر في حالة طيور البحر التي لاتتغذي الا علي الاسماك ، وخلال هذه الحلقات المتواصلة خلال مايسمي بالتغذية الارتدادية يتعاظم الخطر وتنقرض اصناف من الحيوانات وتظهر أثار معاكسة علي صحة الانسان ، وهناك تقدير عالمي بأن ٨٠-٩٠ % من حالات الاصابة بالسرطان

إنما تعود الي البيئة ، وفي مقارنة بين تلوث الأسماك بالمبيدات والتي تم صيدها من قناة المحمودية وقناة الغيط ثم من النيل امام المنصورة وأسيوط وفارسكور والقاهرة وأسوان ، وقد أوضحت النتائج أن أسماك قناة المحمودية كانت أشد تلوثا ببقايا المبيدات نظرا لتلوث نهايات هذه الترعة بمخلفات الصرف الزراعي والصناعي سويا ، ومن المؤشرات الخطيرة ماتشير به احصائيات منظمة الصحة العالمية الي تسمم حوالي ٥٠٠ ألف شخص ووفاة ٥ الاف شخص بسبب المبيدات سنويا ، وان هذه المعدلات في ارتفاع متزايد.

جدول رقم (٧) : يوضح الأعراض المرضية التي تصيب الانسان نتيجة تلوث مياه الشرب

الاعراض	Pb	Hg	Cd	As	Zn	Cu	Cr	Ni
السرطان	•			•			•	•
تليف الكبد						•		
التهاب الكلية	•	•	•					
الام البطن	•	•		•				
انيميا	•	•		•	•			
صداع	•	•	•	•				
قيء وغثيان	•	•	•	•		•		•
التعب	•	•		•				
لين عظام			•					



الفصل الثاني
تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي

تعتبر عملية معالجة المياه العادمة الناتجة عن الإستهلاك الآدمي والأنشطة الصناعية من أهم العمليات للمحافظة على البيئة من التلوث والقضاء على الميكروبات المرضية والطفيليات والفيروسات ، تمثل المياه العادمة مصدراً متعاظماً لتلوث البيئة بالميكروبات المرضية مسببة أمراضاً شديدة الوطأة بالإنسان والحيوان كالتيفود والحمى والديسنتاريا والتسمم الغذائي والدفتريا والالتهاب السحائي فضلاً على أنها مصدراً للروائح الكريهة ومكاناً لتراكم وتوالد الذباب والبعوض. كما أن إلقاء المياه العادمة بالمسطحات المائية بدون معالجة يؤدي إلى نقص المحتوى الأكسجيني بها مما يؤثر على الثروة السمكية والأحياء البحرية الأخرى. كما أن المياه العادمة تسبب تلوثاً هاماً للبيئة بما تحتويه من مواد عضوية عفنة ومركبات عضوية سامة وعناصر معدنية ممثلة في تراكم الأمونيا أو النترات نتيجة النشاط الميكروبي الغير مرغوب. كما أنها مصدراً أساسياً لتراكم العناصر الثقيلة الضارة خاصة إذا كانت هذه المياه متولدة من المدن الصناعية الكبرى.

إن الحاجة ماسة لترشيد إستخدام المتاح من المياه مع إعادة إستعمال المياه العادمة مثل مياه الصرف الصحي والصناعي ، ويتوقف نجاح إعادة إستخدام المياه على مجموعة من المعايير والضوابط البيئية والزراعية ترتبط بطبيعة هذه المياه والهدف من إعادة إستخدامها والذي يجب أن يجري في إطار يكفل حماية البيئة والأفراد مع الأخذ في الإعتبار الموقف الإقتصادي ، ولا يخفي علينا أنه يجب متابعة الآثار البيئية لإعادة إستخدام هذه المياه على مكونات المنظومة البيئية وذلك من خلال وضع برامج متكاملة للرصد البيئي للملوثات والآثار الزراعية على الأرض والمحاصيل الناتجة.

لقد إزداد في السنوات الأخيرة الإهتمام بمعالجة مياه الصرف الصحي وذلك نظراً للزيادة المستمرة في معدلات إستهلاك المياه

والتي ترتبط بزيادة السكان والتقدم الصناعي وإرتفاع مستوى المعيشة والرفاهية وزيادة إستخدام المنظفات والمواد الكيمائية المختلفة والتي يصرف أغلبها مع مخلفات الصرف الصحي مما يجعل من المخلفات السائلة مشكلة كبيرة تتفاقم آثارها عاماً بعد آخر ويؤدي عدم الكفاءة في إدارة مشاريع معالجة هذه المخلفات إلى العديد من المشكلات سواء نقل الأمراض مثل الكوليرا والتيفود والحميات وتلويث المياه الجوفية والتربة الزراعية بالإضافة لتلوث المسطحات المائية وما ينتج عنه من تأثيرات سلبية على الثروة السمكية والإخلال الخطير بالتوازن البيئي للكائنات الحية (أسماك – حيوانات – طيور .. إلخ..).

أثبتت الدراسة الحديثة ان النظرة الحالية لمياه الصرف الصحي ليست نظرة تشاؤمية كما كان من قبل و لكنها نظرة علميه متفائلة باعتبار ان هذه المياه هي أحدى المصادر الأساسية خاصة بعد معالجتها لكي تستخدم في إغراض شتى على رأسها الاستخدام الزراعي كمصدر للري , و قد أجريت في هذا المجال دراسات عديدة لاستخدام مياه الصرف الصحي لاستزراع أراضي رملية كما هو متبع حاليا في الجبل الأصفر و أبو رواش و شرم الشيخ و هي نتيجة لتجارب و خبرات متعددة على رأسها استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في الري و استزراع النباتات أو الأشجار أو المحاصيل المختلفة فوق الأرض الرملية والجيرية الفقيرة أو الخالية من العناصر المغذية الصغرى منها و الكبرى و التي تخلو أيضا من المواد العضوية و تتميز بالمسامية حيث أظهرت النتائج إن إستخدام مياه الصرف الصحي المعالج أو المعالج معالجة أوليه يفيد في هذه الحالات رغم إن إستخدام مياه الصرف الصحي غير المعالج له تأثير سلبي على البيئة و على التربة خاصة على المدى الطويل و نذكر على سبيل المثال تراكم المعادن الثقيلة في التربة والنباتات

المنزرعة. ويوجد في القاهرة مزرعتين رئيسيتين حيث يستخدم مياه المجاري كمصدر للري , مزرعة ابو رواش في جنوب غرب القاهرة و مزرعة الجبل الأصفر في شمال شرق و نظرا لضخامة مدينة القاهرة و الكثافة السكانية المرتفعة بها حيث بلغت ١٥ مليون نسمة و تنمو المدينة بخطوات متسارعة مما يشكل حمل كبير على نظام الصرف الصحي و الحاجة المستمرة لمشاريع عملاقة لتغطية كافة مناطق المدينة و تحسين الشبكة الحالية و منذ أواخر الثمانينات بدأت الحكومة في إقامة محطات للصرف الصحي في مدينة القاهرة الكبرى كما هو مبين بجدول (٨).

جدول رقم (٨) : سعة محطات معالجة المياه العادمة بالقاهرة الكبرى ونوع المعالجة

محطات المعالجة	السعة م٣/يوم	نوع المعالجة		الكمية المنتجة من الرواسب الجافة (طن/عام)
		رواسب	مجاري	
الجبل الأصفر	1.000.000	Digestion, pelt press	أولية وثانوية	92.000
البركة	60.000	Raw, drying-bed	أولية وثانوية	79.000
شبرا الخيمة	600.000	Raw, drying-bed	أولية وثانوية	82.000
أبو رواش	400.000	Raw, Lagoon	أولية وثانوية	42.000
حلوان	350.000	Raw, drying-bed	أولية وثانوية	40.000
زنين	330.000	Raw, lagoon	أولية وثانوية	51.000
الاجمالى	3.280.000		----	386.000

أكبر محطات المعالجة هي محطة الجبل الأصفر التي تم إفتتاح مرحلته الأولى و الثانية في التسعينات و سوف يصبح من أضخم المحطات عالميا بعد افتتاح المرحلة الثالثة في ٢٠٠٦ و في جميع محطات المعالجة يتم معالجة مياه الصرف الصحي أوليا و ثانويا (ما عدا أبو رواش) ويتم إنتاج الخبث المجفف هوائيا air-derived lagoon . وفي محطة المعالجة بالجبل الأصفر سوف يتم إنتاج الغاز الحيوي و الخبث المهضوم digested sludge و يتم تجميع وهضم sludge من محطة البركة و محطة شبرا الخيمة أيضا حيث تتوافر الإمكانية (السعة) بالجبل الأصفر ويوجد في محطة زنين محطة معالجة بالهضم ونزع الماء من الحمأة sludge على مستوى pilot للتدريب واكتساب خبرة الإدارة في هذا المجال وتعتبر هذه المحطة من أكفاء محطات المعالجة حيث تستقبل ٣٣٠ ألف م٣/ يوم من مياه المجاري و قد تم تحسينه و تطويره و افتتاحة في عام ١٩٩٠ و فيه يتم المعالجة الاوليه و الثانوية و التعقيم بواسطة الكلور (حوالي ٨- ١٠ مليجرام كلور/ لتر) وزمن إحتجاز من ٢٥- ٣٠ دقيقة وتبلغ كفاءة المعالجة ٩٥% لل BOD والأملاح الذائبة حيث تبلغ قيمتهما ٢٠ مليجرام\ لتر للأكسيجين الحيوي و ١,٦ مليجرام/لتر للأملاح الذائبة.

جدول (٩) : درجات الحموضة والملوحة والايونات الذائبة في مياه الصرف الصحي المعالجة بالجبل الأصفر.

الرقم الهدروجيني (pH)	الملوحة (مليموز) (EC)	الكتيونات الذائبة			الانيونات الذائبة		
		Na^+	K^+	Mg^{2+}	$HCO_3^=$	Cl^-	$SO_4^=$
٧,١٥	١,٢٦	٥,١٤	٠,٥٦	٣,١٩	٦,٨٩	٣,٣٩	٢,٤٥

جدول رقم (١٠) : مستويات بعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي المعالجة بالجبل الأصفر.

Concentration of heavy metals(ug/l)										
	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Cd	Pb	Cr	V
Mean	540	170	250	50	5	33	12	98	23	1
Nile water from normal canal										
Mean	400	80	70	10	5	10	1	50	---	--

وكما يلاحظ من الجدول ان مياه الصرف المعالجة تحتوي علي تركيزات اعلي من العناصر الثقيلة الذائبة في الماء بالمقارنة بمياه نهر النيل ولكنها تندرج تحت المستويات المسموح بها في قانون البيئة رقم ٤ لسنة١٩٩٤ والموصي بها في العديد من الجهات العالمية(WHO, 1989, 1992).

أما محطة أبو رواش فهي تستقبل ٤٠٠ ألف م٣/يوميا من مدينة الجيزة و تستقبل ٢٨ ألف م٣ خبث سائل بتركيز ٠,٤ - ٠,٦% من محطة زنين و التي تقدر بحوالي ٥١ ألف طن/ سنة و يتم خفض قيمة BOD من ٢٥٠ - ٥٠٠ ملجم\ لتر في المياه غير المعالجة إلى ٧٠- ١٥٠ مليجرام/لتر في مياه المعالجة. كما يوضح جدول(١١) بعض الخواص الطبيعية لمياه المجاري المعالجة والمستخدمة في الري خلال عام ٢٠٠٣.

كما تم أخذ عينات من مياه المجاري المعالجة ومن مياه الرشح (عمق ٦٠-١٠٠ سم) من أرض المزرعة وعينات مياه من قنوات ري في المنطقة المجاورة لاستخدامها في المقارنة وتم تقدير مستويات بعض العناصر الثقيلة كما في جدول(١٢).

جدول رقم (١١) : الخواص الطبيعية والكيميائية لمياه المجارى المستخدمة في الري بمزرعة أبورواش (٢٠٠٣).

الرقم الهدروجيني (pH)	الملوحة (مليموز) (EC)	الكتيونات الذائبة			الانيونات الذائبة		
		Na^{+}	K^{+}	Mg^{2+}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	$SO_4^{=}$
7.41	1.139	7.226	0.852	2.47	6.119	5.276	1.062

جدول رقم (١٢) : مستويات المعادن الثقيلة الموجودة في مياه المجارى المعاملة ومياه الري والمياه الجوفية في مزرعة أبو رواش.

نوع المياه	المعادن الثقيلة						
	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd	Ni
مياة المجاري	0.135	1.112	0.526	0.168	0.037	0.007	0.064
مياة الري	0.054	0.0253	0.233	0.139	0.020	0.003	0.027
مياة جوفية	0.025	0.117	0.335	0.114	0.005	0.001	0.012

ويلاحظ من النتائج ان مستويات المعادن الثقيلة تحت الدراسة كانت في حدود المسموح بة محليا وعالميا كما يوضح جدولي (١٣، ١٤).

ومن الجدير بالذكر أن المواد العالقة بمياه الصرف المعالجة تحتوي علي تركيزات أعلى من العناصر الثقيلة والتي غالبًا ما تكون في صورة عضوية مما يشكل مشكلة تراكمية عند ري الأراضي حيث تحتجز هذه المواد العالقة في طبقات التربة ثم مع تحلل المواد العضوية تنطلق العناصر الثقيلة ويمكن أن تمتص بواسطة جذور النباتات.مما يؤدي إلي دخول تركيزات غير مرغوب فيها إلي سلسلة الغذاء وتهديد الصحة العامة علي المدى الطويل. والجدول رقم(١٣) يوضح الكميات الكلية للعناصر الثقيلة التي تضاف للتربة نتيجة

جدول رقم (١٣) : حدود السمية في المياه والتربة والنبات (بالجزء في المليون)

العنصر	الحد الأقصى لتركيز للسمية في مياه الري*	تركيز السمية في التربة** mg/kg	تركيز السمية في النبات*** mg/kg	قانون البيئة المصري No.4/1994 Ug/L
Fe	5000 ug/L	---	---	1000
Cu	200 ug/L	160	> 20	1000
Mn	200 ug/L	100	> 500	200
Zn	2000 ug/L	400	> 400	1000
Pb	50 ug/L	20-41	> 60	50
Cd	10 ug/L	2-9	> 10	10
Ni	20 ug/L	100	> 80	10

حيث :

*) National Academy of science (1972).
**) Tictjen, C. (1975).
***) Cottenie et al. (1976).

جدول (١٣) حدود صلاحية المياه في الأغراض المختلفة.

	ميكرو جرام/ لتر						
	حديد	نحاس	منجنيز	زنك	رصاص	كادميوم	نيكل
الامداد المنزلي	300	1000	50	5000	50	10	50-100
الاحياء المائية	1000	20-40	100	7-10	5-10	0.4-4	50-100
مياة الري	5000	200	200	2000	50	10	200

Ref. Quality criteria for water: EPA, 1978, Washington, D. C. 20460.

إستخدام مياه صرف تحتوي علي ١ جرام مواد عالقة/لتر كما هو الحال في مزرعة الجبل الأصفر. وطبقا لتقرير أكاديمية العلوم الأمريكية القومية عن نوعية وخصائص المياه (١٩٧٢) فان هذه

المياه يمكن استخدامها في أغراض ري الأراضي الصحراوية (جدول ١٤).

جدول (١٤) : الكمية الكلية من المعادن الثقيلة في واحد لتر من المياه المعالجة والمستخدمة في الري بمزرعة الجبل الأصفر.

العنصر	التركيز في الراشح مج/لتر	التركيز في المواد العالقة مج/كج	الكمية الكلية من لتر واحد	الكمية القصوى المسموح بها في مياه الري مج/لتر
الحديد	٠,٥٤٠	٣,٣٢	٠,٥٤	٥,٠
منجنيز	٠,١٧٠	٠,٢٢	٠,١٧	٠,٢
خارصين	٠,٢٣٤	٢,١٥	٠,٢٤	٢,٠
نحاس	٠,٠٥٠	٠,٤٢	٠,٠٥	٠,٢
كوبالت	٠,٠٠٥	٠,٠٢٢	٠,٠١	٠,٠٥
نيكل	٠,٠٣٣	٠,٠٨٤	٠,٠٣	٠,٢
رصاص	٠,٠٩٨	١,١٠	٠,١٠	٥,٠
كادميوم	٠,٠١٢	٠,٠١٠	٠,٠١	٠,٠١
كروميوم	٠,٠٢٣	٠,٠٠٣	٠,٠٢	٠,١٠
فاناديوم	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	٠,٠٠١	٠,١٠

محسوبة علي أساس إن واحد لتر يحتوي في المتوسط علي واحد جرام مواد عالقة.

ولهذا تخلصت معظم دول العالم من الأسلوب القديم الذي كان يُتَّبع في العصور السابقة بالتخلص من النفايات السائلة في الأنهار أو البحيرات أو البحار وإتجهت إلى التخطيط السليم لإعادة إستعمالها بعد معالجتها إلى درجة كافية تحول دون الضرر من إستعمالها. وفي الوطن العربي الذي تفتقر معظم أقطاره إلى مصادر مائية ثابتة أصبحت هذه القضية أمراً مُلحاً خاصة مع الزيادة المستمرة على الطلب على المياه بسبب التطور الزراعي والصناعي والسكان.

ويمكن الإستفادة من التقدم في الكيمياء التحليلية والأجهزة ذات الحساسيات العالية في القياس ذات الأهمية البالغة في بحث تلوث المياه والحصر البيئي والرقابة المستديمة ، لإنه من الواضح

أن الحاجة لقياس آثار الملوثات مستمرة مثل قياس التركيزات المنخفضة لمركبات الفوسفور والصور المختلفة للمركبات الأزوتية والفلزات بآثار ضئيلة ، ومن المطلوب وسائل تكنولوجية يمكن إستعمالها مع المياه المعكرة ذات الملوحة العالية والمتغيرة المحتوية على مواد كثيرة بتركيزات تزيد كثيراً عما هو موجود في المحيطات المفتوحة. ويتطلب الأمر إقامة العديد من محطات القياس مثل قياس الأكسجين الذائب والرقم الهيدروجيني والكلوريد والفلوريد والعكارة وحالة الأكسدة والإختزال والإشعاع الشمسي ، ويجب توسيع مجال المراقبة الأوتوماتيكية بحيث تشمل الكبريتات والفينولات والحديد والمنجنيز والكالسيوم والمغنسيوم والأيونات الأخرى علاوة على الكربون العضوي بالإضافة لمراقبة الكائنات الدقيقة.

والمراقبة المتواصلة مرتفعة التكاليف نسبياً والأجهزة الحالية تقيس عادة خصائص جودة المياه أكثر من قياسها لملوثات معينة ولهذا فستظل هذه الطرق مكملة فحسب لطرق تحليل العينات في المعمل ولا تحل محلها. وهناك إحتياج عام إلى التوحيد القياسي للطرق الكيمائية للتحليل ويلزم بذل جهود قوية لتقويم وتحسين طرق التحليل المستخدمة بحيث تكون حساسة وأكثر دقة للوصول إلى طرق نحصل منها على نفس النتائج لمعامل مختلفة وكيميائيون مختلفون.

مشاكل تلوث التربة المرتبطة باستخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة :

من أهم عوامل تدهور الاراضي هو تلوث التربة حيث أنها المستقبل الابدي والنهائي للعديد من الملوثات. ولقد إرتبط تلوث التربة بالعديد من الانشطة التعدينية وتكرير البترول واستخراج الفحم وإحراق الوقود الاحفوري وإنتاج الاسمنت والطوب والأسفلت

والعديد من الصناعات هذا بالاضافة الى الزراعة وتكثيف إستخدام الكيماويات الزراعية والتخلص من المخلفات الزراعية بطرق خاطئة مثل حرق المخلفات ولا حاجة لنا أكثر لتوضيح أن الوقع الانساني علي الارض قد أدى الى تفاقم مشكلة التلوث في العديد من الاقاليم والتي تمثل تهديد مستمر للكائنات الحية من نبات وحيوان في المحيط الحيوي كلة وقد تهدد الجنس البشري بطرق مختلفة.

حالياً يعتبر إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مجال الزراعة من أهم ممارسات التخلص من هذه المياه بطريقة سليمة بيئياً حيث أصبح هناك العديد من المناطق في العالم تروى بمياه الصرف الصحي المعالجة ولكن من الناحية الاخرى فان هذا الاسلوب يمارس علي نطاق ضيق في البلدان العربية بالرغم انه يجب الا يُستهان بحجم هذه المياه في ميزان الموارد المائية لهذه البلدان العربية.

ومن الجدير بالذكر أن هناك مصدرين من مياه الصرف الصحي الاول مياه صرف صحي من المنازل فقط ، والثاني مياه صرف صحي مختلطة بمياه الصرف الصناعي وكلا المصدرين يختلفان كليا في مكوناتهم وأسلوب المعالجة والادارة من وجهه نظر التطبيقات.

التلوث الكيميائي :

عند إضافة مياه المجاري المعالجة الي التربة فان العديد من العوامل الجيوكميائيه في التربة والعمليات الحيوية في التربة تحكم مصير هذه الملوثات (المتعلقه بمياه الصرف) هذه العوامل تسمى سعه القدرة وتشمل السعة الكتيونية التبادلية ، درجة الحموضة ، جهد الاكسدة والاختزال والمادة العضوية ودرجة الملوحة والنشاط الحيوي.

ويعد النيتروجين والفوسفور أهم العناصر الغذائية في مياه المجاري أما البوتاسيوم فعادة يغسل بعيداً والنيتروجين يوجد في صورة عضوية ومعدنية ومتاحة لامتصاص النبات وتقوم البكتريا بتحويل مركبات النيتروجين العضوي المركبة الي صورة أسهل ميسرة للنبات كما تدخل ٥ – ٢٠% من هذه المركبات في تكوين مركبات الهيوميس ولتفادي تلوث التربة والمياه الجوفية يجب أن يتساوي معدل إضافة النيتروجين مع معدل إستهلاك النبات. والفوسفور في مياه المجاري متاح للنبات بدرجات مختلفة وهو معرض للنشاط البكتيري والذي يقيد حركته.

ويوجد العديد من العناصر السامة التي إذا وصلت الى تركيزات معينة تصبح ضارة للنبات وتشمل عناصر الالومنيوم الزرنيخ والبورن والكادميوم والكروم والنحاس والحديد والرصاص والزئبق والمنجنيز والمولبديوم والنيكل والسيلنيوم والزنك. واوضحت وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA (1993) أن العناصر الاكثر جهد سمية للنبات هي الكادميوم والنحاس والمولبدنيوم والنيكل والزنك أما باقي العناصر فعند إضافتها للاراضي تكون أقل تيسراً للنبات والتركيزات العالية من الزنك والنحاس والنيكل والكروم والزرنيخ والرصاص تشكل سمية علي النباتات والحيوانات وهناك العديد من الدراسات والبحوث حول هذه المستويات وتم وضع توصيات بالكميات التراكميه الكلية التي يمكن السماح بها نتيجه إضافة مياه المجاري المعالجة للارض في العديد من البلدان كما في الجدول رقم (١٥).

جدول رقم (١٥) : الكميات العظمي التراكمية المسموح بها للعناصر الثقيلة (كج/هكتار) في الأراضي الزراعية حسب قوانين البلاد المختلفة طبقا لمنظمة الأغذية والزراعة.(FAO 1991)

Country	Cd	Cu	Cr	Pb	Hg	Ni	Zn
Canada	4.0	200	210	100	1.0	36	150
France	5.4	210	360	210	2.7	60	750
Germany	8.4	210	210	210	5.7	60	400
Sweden	-	15	5	1.5	0.04	2.5	50
UK	5.0	280	1000	1000	2.0	70	560
USA	20	500	-	2000	-	200	250

وأكثر من ٨٥% من العناصر ذات جهد السمية والمضافة ضمن مياه المجاري تتراكم في التربة خاصة في الطبقة السطحية وتحدث السمية عادة نتيجة لتراكم أيون عنصر معين في أوراق النبات بتركيزات عالية نتيجه إنتقاله مع الماء وتبخر المياه عند سطح الورقة مما يؤثر على عمليات فسيولوجية داخل النبات ويدمره ويتوقف ذلك علي عدة عوامل منها زمن التراكم ، تركيز العنصر السام حساسية المحصول ونظام الاستهلاك المائي للنبات وكلما زاد ضرر النبات قل المحصول المتوقع طبعاً. وعموماً فان كمية الملوث الموجودة في الماء الارضي وفي صورة متاحه لامتصاص النبات هي العامل الأهم وليس كميته الكلية وأوضحت العديد من البحوث هذه النقطة فمثلا أوضح السكري ولونج (١٩٨٠) ان ذوبانية وتيسر العنصر تتوقف علي درجة حموضة التربة ولهذا ففي الأراضي القلوية تكون هذه العناصر أقل تيسراً وأظهرت كثير من الدراسات أن إستخدام مياه المجاري أو المخلفات العضوية قد اضاف للتربه العديد من العناصر الثقيله المتراكمه (انظر المراجع) وتلعب المادة

العضويه والاكاسيد السداسية دوراً كبيراً كمواقع إمتصاص أيوني تؤثر بدرجة كبيرة علي تيسر العناصر في قطاع التربة.

يبقي هنا دراسة التأثير التراكمي للعناصر الثقيلة على المدى الطويل حيث أثبتت العديد من الدراسات تراكم هذه العناصر في قطاع التربة ومن ثم إنتقالها إلى النباتات النامية علي هذه الأراضي (عبد الصبور ١٩٩٧). وكانت التوصية بعدم زراعة محاصيل الخضر وبخاصة الورقية منها لقدرتها على إمتصاص كميات زائدة منها لعناصر ثقيلة ويوصي فقط بزراعة محاصيل ألياف وأشجار خشبية ونباتات زينة في مثل هذه الحالات(كوتيني وآخرون ١٩٨٢ ، EPA 1975). وجدول رقم (١٦) يوضح مدى تراكم العناصر الثقيلة في بعض محاصيل الخضر المنزرعة في مزرعة الجبل الاصفر في اراضي تروى بمياه الصرف المعالجة لفترات ري مختلفة من ٢٣ ، ٣٧ ، ٧٥ عام مقارنة بتلك التي تروى بمياه نهر النيل كمعاملة مقارنة.

وكما يتضح من هذه الدراسة أن الكميات الكلية والمستخلصة بـ DTPA من العناصر الثقيلة زادت بزيادة فترات الري خاصة في الطبقات السطحية من التربة ومن النتائج يمكن القول أن قيم التركيزات الكلية فى التربة لأغلب العناصر تحت الدراسة تقع في النطاق المسموح به ماعدا الخارصين والنحاس والرصاص والكادميوم والتي وجدت بقيم تزيد عن الحد العادي أو تدخل في حدود سمية النبات (أنظر الملحق).

جدول رقم(١٦) : تأثير الري بمياة المجاري لفترات مختلفة علي محتوي بعض محاصيل الخضر المروية بها.

Irrigation period years	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Cd	Pb	Cr	V
Corn(grains)										
control	80	15	30	2.5	0.40	0.80	0.40	3.75	1.20	0.08
23	107.5	22.5	40	5.00	0.60	1.75	6.25	8.75	4.30	0.21
37	113.3	25	43.3	830	0.74	2.03	7.50	9.46	4.66	1.08
75	130	29	48.0	13.00	1.13	2.23	8.50	10.36	4.96	1.14
Okra(fruit)										
Control	60	20	40	3.5	0.18	0.60	0.30	1.60	2.40	0.02
23	70	25	45	4.0	0.22	1.35	9.50	7.00	10.20	0.32
37	85	30	55	7.5	0.26	1.75	8.50	7.50	12.50	0.55
75	90	35	55	10	0.32	1.90	10.80	9.00	12.90	0.70
Egg plant(fruit)										
Control	110	20	45	4.0	0.55	0.80	0.18	2.6	1.40	0.26
23	130	25	55	10	0.60	2.30	8.5	12.20	4.20	1.45
37	135	35	60	15	0.60	2.85	8.5	14.20	5.50	1.45
75	150	38.5	62.5	15	0.73	3.40	8.5	15.50	5.93	2.25
Green pepper(fruit)										
Control	65	10	30	2.5	0.15	1.00	0.60	1.4	1.2	0.20
23	NF	--	--	--	--	--	--	--	--	----
37	80	20	40	4	0.30	3.00	3.50	9.00	4.85	0.78
75	82.5	22.5	43	4.2	0.34	4.25	5.85	9.90	4.90	0.84
Total in soil										
control	19325	83	58	6.5	2.9	9.5	19.2	0.66	1.85	0.11
23	17944	110	55	11	4.55	11.2	24.8	0.77	2.64	0.15
37	19138	218	71	19	7.45	19.5	34.3	1.07	7.09	3.22
75	22381	228	106	29	8.63	26	48.3	2.12	9.19	4.03
Available (DTPA extractable)										
Control	8.1	0.79	0.17	0.11	0.04	0.10	0.31	0.002	0.015	0.001
23	9.45	1.09	0.69	0.22	0.12	0.35	1.09	0.034	0.108	0.001
37	13.7	1.58	1.35	0.42	0.24	0.82	1.98	0.022	0.025	0.007
75	36.0	2.00	1.57	0.57	0.29	1.04	3.03	0.069	0.034	0.012

وفيما يتعلق بالخضروات المزروعة في أراضي تروى بمياه الصرف المعالجة علي فترات طويلة مختلفة أوضحت النتائج أن الري بمياه الصرف الصحي عموما يزيد من مستوى العناصر في هذه النباتات مقارنة بتلك التي تروى بمياه النيل وكانت الزيادة ملحوظة بزيادة فترات الري. وكان تركيز أغلب العناصر تحت الدراسة في الأجزاء النباتية التي تؤكل في الحدود المسموح بها ماعدا الكادميوم والكوبالت والكروميوم حيث تعتبر داخل الحدود الملوثة ، مستوي الكادميوم كان يتراوح من ٤,٧ جزء في المليون في ثمار الفلفل الأخضر إلي ٩,٦ في ثمار البامية بينما المستوى العادي في النباتات يتراوح بين ٠,٢-٠,٨ جزء في المليون وتشير المراجع إلى أن الحدود التي تعتبر ملوثة تتراوح ما بين ٥- ٣٠ جزء كادميوم في المليون (FAO, 1992) وعليه فإن أغلب الخضروات النامية في مزرعة الجبل الاصفر (ذرة – باذنجان – بامية – فلفل أخضر) تعتبر ملوثة بالكادميوم ، وفي دراسة أخرى قام بها المؤلف تحت عنوان : تراكم المعادن الثقيلة في الخضروات النامية بمنطقة مسطرد الصناعية ، حيث تم جمع عينات من نباتات الخضر المنزرعة بحقول منطقة مسطرد الصناعية حيث يتم إستخدام مياه صرف صحي وصناعي في ري هذه الحقول ولمدة حوالي ٣٥ سنة ، شملت الدراسة الأصناف التالية من الخضر : البامية – السلق – الفجل – الجرجير – الخس – السبانخ – البصل – الملوخية – البنجر – الكرفس ، وقد تم تقدير محتوى بعض العناصر الثقيلة مثل الحديد ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، الكوبلت ، الكادميوم ، النيكل ، والرصاص.

وأوضحت نتائج الدراسة إختلاف أصناف الخضروات في قدرتها على تراكم العناصر تحت الدراسة في الأجزاء المأكولة من النبات. كما أوضحت أن إستخدام المياه العادمة (الملوثة) في الري

أدت إلى زيادة معنوية في محتوى النبات من العناصر الثقيلة خاصة الخضروات الورقية. وأظهرت السبانخ قدرة أكبر على تجميع الحديد والمنجنيز وأظهر الفجل أعلى مستوى للزنك والرصاص والكوبلت بينما كانت قيم النحاس والنيكل والكادميوم أعلى في أوراق الملوخية. وكانت بعض هذه القيم أعلى من المستويات المسموح بها طبقاً للمعدلات المقترحة من منظمة الصحة العالمية.

كما أظهرت النتائج بوضوح أن إستخدام المياه العادمة (الملوثة بالصرف الصناعي) في الري - خاصة الأراضي الرسوبية - كما هو الحال في منطقة الدراسة مقترناً بالزراعات المكثفة للخضر سوف يُشكّل خطراً على الصحة العامة وله مخاطر بيئية عديدة .. ولتفادي وتقليل هذه الأخطار يجب معالجة المخلفات الصناعية السائلة في نفس موقع إنتاجها (المصنع) قبل السماح بصرفها في المجاري المائية ، كذلك يجب منع زراعة الخضر ومحاصيل الغذاء الأخرى في مثل هذه المناطق المعرضة للتلوث ، كما يجب وضع برامج لمعالجة ومتابعة مستويات هذه الملوثات في الأرض ، الماء ، النبات حتى يمكن تلافي آثارها الضارة.

وعلى ذلك يجب عدم زراعة خضروات في مثل هذه الأراضي وزراعة أشجار أو محاصيل ألياف حيث أن مياه الصرف الصحي لمدينة القاهرة تحتوى على كميات كبيرة من الصرف الصناعي التي تحتوى على تركيزات من العناصر الثقيلة وحتى بعد المعالجة يكون هناك تركيزات بمستويات منخفضة ولكن التأثير التراكمي على المدى البعيد يؤدى إلى زيادة نسبة ومحتوى هذه الملوثات في محاصيل الغذاء مما يشكل خطر على الإنسان وخاصة الأطفال.

التلوث البيولوجي :

يجب معالجه مياه المجاري للتخلص من البكتريا الممرضة والطفيليات وبعد المعالجه الاولية والثانويه والثلاثيه فان تعرُض المياه المعالجة لأشعه الشمس والأثر المتبادل مع الكائنات الحية للتربة قد يسرع في القضاء على الكثير من البكتريا الممرضة ولكن يجب أخذ الاحتياطات لمنع ملامسة مياه المجاري للأجزاء التي تؤكل في النبات بل ويجب عدم زراعة النباتات الورقية أو التي تؤكل جذورها كما يمنع رعي الحيوانات في مثل هذه المزارع على الاقل لمدة شهر بعد الري وأوحت وكالة البيئة الامريكية أن بقاء البكتريا الممرضة قد تصل من عده أيام الي شهور كما يوضح جدول (١٧). وقد تم وضع توصيات أكثر صرامة للمستويات القياسية لخفض البكتريا الممرضة والطفيليات في مياه المجاري كما في جدول (١٨).

Table (17) Survival of certain pathogens in sewage farm (EPA 1975)

Organism	Type of application	Medium	Survival time
Ascaris ova	Sewage Inoculation	Soil Vegetables	Up to 7 years 27-35 days
B. typhosa	Inoculation Inoculation	Soil Vegetables	29-70 days 31 days
Cholera vibrios	Inoculation Inoculation	Spinach, lettuce. Nonacid vegetables	22-29 days 2 days
Coliform	Sewage Sewage	Grasses Tomatoes	14 days 35 days
Endamoeba histolytica	Inoculation Inoculation	Vegetables Soil	3 days 8 days
Hookworm larvae	Infected seeds	Soil	6 weeks
Leptospira	Inoculation	Soil	15-43 days
Polio virus		Polluted water	20 days
Salmonella typhi	Infected feces	Radishes Soil	53 days 74 days
Shigella	Inoculation	Tomatoes	2-7 days
Tubercle Bacilli	Inoculation	Soil	6 month
Typhoid bacilli	Inoculation	Soil	7-40 days

Table (18) : Permissible levels of pathogens in sewage effluent (FAO 1991)

Type	Possible pathogens	Possible content per liter Of sewage effluent
Viruses	**Enteroviruses**	**500**
Bacteria	**Pathogenic *E.coli***	**1000000**
	Salmonella sp.	**7000**
	Shigella sp.	**7000**
	Vibrio cholera	**1000**
Protozoa	***Entamoeba histolytica***	**4500**
Helminths	***Ascaris lumbricoides***	**600**
	Hookworms	**32**
	Schistosoma mansoni	**1**
	Taenia saginata	**10**
	Trichuris trichura	**120**

الطرق البيولوجية لمعالجة مياه الصرف الصحي :

تعتبر مياه الصرف الصحي من أكثر ملوثات البيئة خطورة على الإنسان ، ويرجع سبب الخطورة إلى أنها تحتوي على العديد من الملوثات الضارة والتي منها :

- الملوثات العضوية : كالبروتينيات والكربوهيدرات والدهون.
- الملوثات الغير عضوية : كالأملاح العناصر الثقيلة.
- الملوثات البيولوجية : كالبكتريا والطفيليات والفيروسات.
- المركبات الهيدروكربونية والفينولات والصبغات وغيرها.

*) مصادر مياه المجاري :

- المخلفات المنزلية السائلة بما تحتويه من بقايا الطعام والمنظفات الصناعية والصابون والمبيدات الحشرية وفضلات الإنسان.
- المخلفات السائلة الخارجة من المجازر ومحلات تسويق اللحوم والطيور ومصانع تعبئة الأغذية المحفوظة وصناعة الألبان والعصائر المختلفة والأنشطة التجارية الأخرى.
- المخلفات السائلة الناتجة من محطات غسيل السيارات (زيوت – شحوم – أتربة).
- المخلفات المائية للصناعات المتوسطة والثقيلة ومصانع الأدوية والمبيدات والبطاريات وغيرها.

*) تركيب مياه المجاري الخام :

تحتوي مياه المجاري على قدر عالي من الملوثات المختلفة ، وهذه الملوثات توجد على حالتين إما ذائبة dissolved أو معلقة suspended وكلتا الحالتين تضم ملوثات عضوية ومعدنية ويبين وجدول (١٩) هذه الملوثات وكمياتها التقريبية.

ومن أجل تفادي هذه المخاطر وخلق بيئة نظيفة آمنة صحياً يجب معالجة مياه الصرف الصحي معالجة كافية قبل صرفها في المسطحات المائية المختلفة قبل إستخدامها في ري الأراضي الزراعية.

*) <u>النظم التقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحي</u> :

قبل إختيار أو تحديد نظام المعالجة يجب التأكد من دراسة العوامل الآتية :

- ❖ تقييم ودراسة خصائص وحجم مياه المجاري المزمع معالجتها.
- ❖ وجود مساحة مناسبة من الأرض تكفي لإقامة المشروع وتوسعاته المستقبلية.
- ❖ دراسة طبوغرافية للأرض وتحديد مدى صلاحيتها.
- ❖ تحليل التربة وتحديد نوعيتها وخصائصها.
- ❖ تحديد أماكن صرف المياه المعالجة أو تخزينها أو تحديد الاتجاهات المختلفة لاستخدامات هذه المياه.
- ❖ التقييم الاقتصادي من مدخلات ومخرجات (فوائد) لعملية المعالجة.
- ❖ توفير مصادر الطاقة اللازمة لتشغيل المحطة.
- ❖ توفير الأيدي العاملة المدربة والخبرات اللازمة لضمان إدارة محطة التنقية المزمع إقامتها.
- ❖ تحديد السلبيات التي يمكن التعرض إليها ووضع الضوابط اللازمة لها.

وتخضع مياه المجاري لعدد من المعالجات المختلفة التي تهدف جميعها إلى خفض محتواها من المواد الملوثة إلى الحدود المسموح بها محلياً أو عالميا ، وعادة تقسم هذه المعالجات إلى ثلاث مراحل :

- ❖ معالجة أولية Primary treatment وهذه تجرى بهدف التخلص من المواد الصلبة الطافية والعالقة بالمياه تحت المعالجة.

❖ معالجة ثانوية Secondary treatment وتجري هذه المعالجة بهدف التخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل أو ذي الحاجة البيولوجية (BOD).

❖ معالجة ثلاثية أو متقدمة tertiary or advanced treatment وهذه تجري بهدف التخلص من المواد العضوية الغير قابلة للتحلل البيولوجي والمواد السامة وبعض المواد الغير عضوية (فوسفور ، أمونيا ، نترات وغيرها) وقتل الميكروبات والكائنات المسببة للأمراض.

وتضم كل مجموعة من هذه المعالجات نظم مختلفة لمعالجة المياه العادمة تستخدم جميعها أو بعضها تبعاً للخواص الطبيعية والكيميائية للمياه تحت المعالجة ، وطبقاً للمواصفات أو لنوعية المياه المطلوبة لأغراض الاستخدام المختلفة بعد معالجتها ، ويبين شكل (١) وصف مختصر لهذه الطرق ، كما يوضّح جدول رقم (٢٠) وحدات المعالجة المناسبة لكل نوعية تلوث في مياه الصرف الصحي.

أولاً : المعالجة الأولية Primary Treatment :

تتلقى مياه المجاري عند وصولها إلى محطة التنقية عدد من المعاملات التي تهدف إلى إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم وتلك العالقة بها وجعلها صالحة للمعالجة الثانوية. ومن المعاملات الأولية ما يلي :

١) التصفية Screen :

تمر مياه المجاري خلال قضبان حديدية racks أو غرابيل أو مناخل screens لحجز الأجسام الصلبة كبيرة الحجم العائمة أو العالقة وحجم المواد المحتجزة يعتمد على فتحات الغربال أو المسافة بين القضبان. ويجب ألا تزيد سرعة المياه خلال المصافي عن ٩٠سم/ثانية ولا تقل عن ٣٠ سم/ثانية. وقد وجد أن هذه العملية لا تؤثر على محتوى الماء من الـــ BOD ولكن تستطيع المصافي إزالة من ٥-٣٥% من المواد السلبة العالقة حسب قطر فتحاتها ونوعية المياه العادمة تحت المعالجة.

٢) إزالة الرمال والحصى Grit removal :

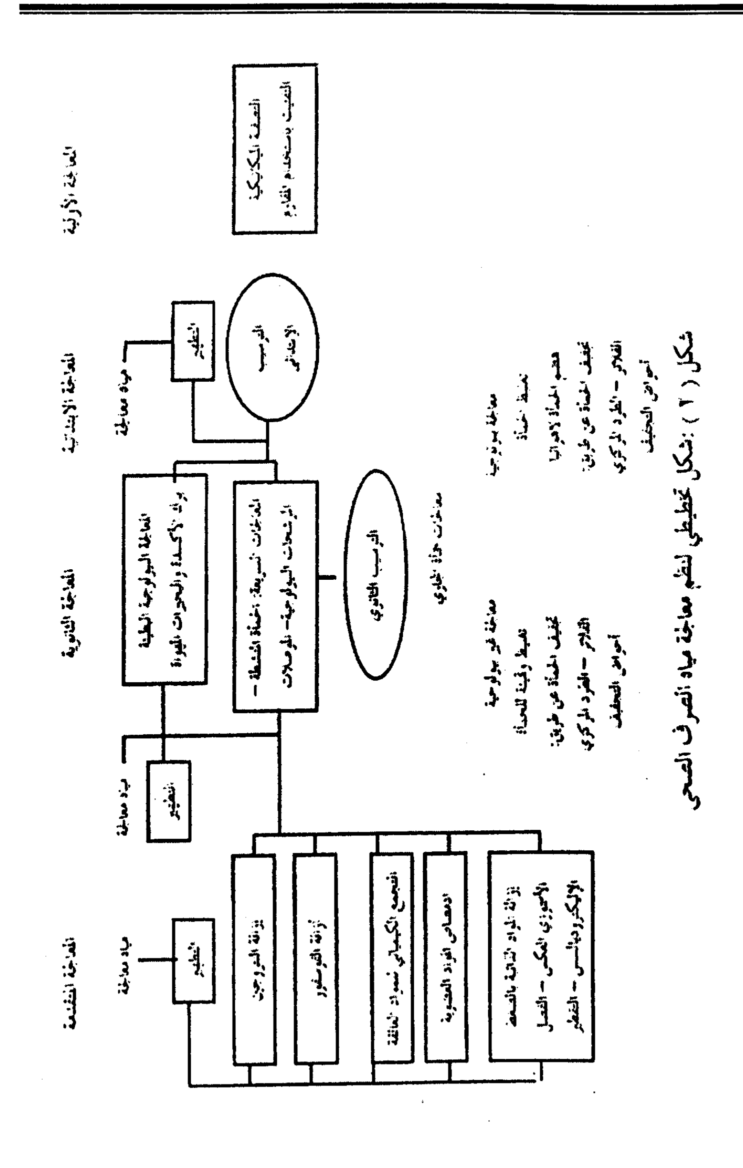
تقوم بفصل المواد الغير عضوية مثل الرمل والحصى والمواد العضوية كبيرة الحجم والوزن وسريعة الترسيب مثل بقايا الخضروات وقشر البيض ويتراوح حجم المواد المفصولة من ١ -٣ مم من وقت إحتجاز قصير.

٣) أحواض الترسيب الأولية Primary Sedimentation Tank

يمكن أن تستخدم كوسيلة رئيسية لمعالجة مياه الصرف الصحي ، أو كخطوة أولية ضمن عمليات معالجة أخرى. وتهدف هذه المعالجة إلى ترسيب المواد الصلبة القابلة للترسيب والتي تستطيع تكوين حمأة (تسمى حمأة أولية) ، وكذا فصل وإزالة الزيوت والشحوم وباقي المواد القابلة للطفو. وتصل كفاءة هذه الأحواض في إزالة المواد الصلبة القابلة للترسيب Suspended solids (SS) إلى حوالي ٦٠% وفي خفض محتوى المواد القابلة للتحلل Biological Oxygen Demand (BOD) إلى ٣٥%.

جدول (١٩) : تركيب مياه الصرف الصحي الخام

المحتوى	نوعية المخلفات السائلة ودرجة التركيز		
	شديدة	متوسطة	ضعيفة
اللــــــون	أسود داكن	أسود	مائلة إلى السواد
الأكسجين الذائب DO	صفر		
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5) مجم/لتر	٢٠٠ – ٢٨٠		
الأكسجين الكيميائي الممـــتص (COD) مجم/لتر	٤٠٠ – ٥١٠		
المواد الصلبة الكلية مجم/ لتر (T.S.)	٨٠٠ – ٨٥٠		
المواد العالقة (S.S) مجم/ لتر	١٩٠ – ٤٤٠		
المواد الذائبة مجم/ لتر (D.S)	٤٠٠ – ٦٠٠		
المواد المترسبة مجم/ لتر	١٠ – ١٥		
المواد الكربونيـــة العـــضوية (TOC) مجم/لتر	١٥٠ – ٢٠٠		
النتروجين الكلي مجم/ لتر N_{total}	٥٠–٢٠٠		
الفوسفور مجم/ لتر P_{total}	٥ – ١٥		
الكلوريدات مجم/لتر	٣٠ – ٧٠		
الزيوت والشحوم مجم/لتر	٢٠ – ٧٠		
القلويـــة مجـــم/لتـــر Alkalinity as $(CaCO_3)$	٥٠ – ١٢٠		
البكتريا المسببة للأمراض (MPN) Total Fecal Coliform	٤×١٠^{٦} ٠– ٦×١٠^{٨}		



شكل (٢) :شكل تخطيطي لنظم معالجة مياه الصرف الصحي

ثانياً : المعالجة الثانوية (البيولوجية) Secondary Biological Treatment

يوجد عدة طرق من المعالجات البيولوجية تستخدم في تنقية المياه العادمة ، وجميعها تهدف إلى خفض المواد العضوية القابلة للتحلل (أي خفض محتوى الماء من الـــ BOD) إلى الحدود المسموح بها ، ومن هذه الطرق ما يلي :

١) الحمأة المنشطة Activated Sludge

يبين شكل (٢) الطريقة التقليدية لمعالجة المياه العادمة باستخدام طريقة الحمأة المنشطة. وتتم هذه العملية بأن تلقح المياه الخارجة من أحواض الترسيب الأولية بجزء من الحمأة المنشطة المعادة من غرفة تنشيط الحمأة (٢٥-٥٠%) في حوض التلقيح ثم يدفع المخلوط إلى حوض التهوية حيث يضخ الهواء لتهوية مخلوط المياه تحت المعالجة. وتقوم هذه العملية بتنشيط الكائنات الحية الدقيقة من بكتيريا وأكتينوميسيتات وبروتوزوا في هدم وتحليل المواد العضوية المختلفة وتحويلها إلى غازات ومواد قابلة للترسيب تضاف إلى كتلة الحمأة المنشطة ومواد غير عضوية (أمونيا ونترات وفوسفور) وخلايا بكتيرية جديدة مما يساعد على تكوين تجمعات flocculent مع المواد العضوية المتحللة يسهل ترسيبها فيما بعد في أحواض الترسيب الثانوية. كما يوجد نوع آخر من البكتيريا يسمى Zooglia ramigera يقوم بإفراز مادة جيلاتينية تلتصق عليها باقي الكائنات الدقيقة الأخرى مما يساعد على تجمع الحمأة المنشطة ، أما البروتوزوا فلها دوران مهمان :

أ) بعضها يقوم بالتهام البكتيريا غير المتجمعة ، ويرجع إليها صفاء الماء الخارج من أحواض الترسيب الثانوية.

ب) بعضها الآخر يفرز مواد جيلاتينية يساعد على عملية التجمع (flocculation) كما تقوم الدوارات Rotifiers بالتهام الحبيبات البيولوجية التي لم تهبط مما يساعد على عملية التلميع النهائي لمياه المجاري المعالجة.

وتصل كفاءة هذه العملية غلى خفض محتوى المياه من SS, BOD إلى ٨٥-٩٥% ، وإزالة الميكروبات المسببة للأمراض (السالمونيلا والشيجيلا) إلى ٨٥-٩٩%. أما بالنسبة للفيروسات فتصل كفاءة الإزالة في حالة فيروس شلل الأطفال Pilia virus إلى ٩٠%.

أدخل عديد من التعديلات على طريقة الحمأة المنشطة التقليدية والتي تعتمد أساساً على نوع ونظام التهوية ، كما أن هذه التعديلات مبنية على نفس أساس ونظرية عمل الطريقة التقليدية. وأهم تلك التعديلات:

*) التهوية على خطوات Step aeration

*) التهوية المخروطية Tapered aeration

*) التهوية الممتدة Extended aeration

*) التهوية المعدلة Modified aeration

*) التثبيت بالتلامس Contact stabilization

*) إستخدام الأكسجين النقي Pure Oxygen

٢) <u>المرشحات البيولوجية Trickling Filters</u>

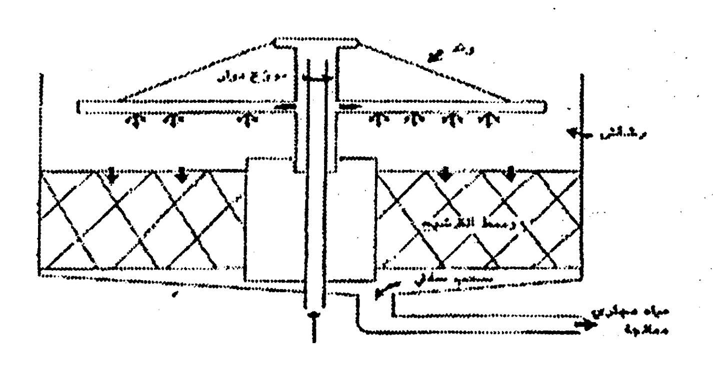
عبارة عن أحواض أسطوانية تملأ بوسط للترشيح (غير قابل للتحلل) ومزودة بموزع Rotary Distributer ونظام سحب سفلي

Under drain system يقوم الموزع الدوار بتوزيع مياه المجاري على سطح وسط الترشيح (القطع البلاستيكية أو الحبيبات الزلطية) بصفة متقطعة ، بينما يتكون وسط الترشيح من حبيبات زلطية أو حجرية أو بلاستيكية متدرجة في أحجامها أكبرها أعلى الحوض وأصغرها في قاع الحوض. ويقوم نظام السحب السفلي بتجميع المياه التي تم معالجتها إلى خطوة المعالجة التالية. وينمو على أسطح حبيبات وسط الترشيح البكتيريا والكائنات الدقيقة الأخرى مكونة غشاء يغلف أسطحها ، وأثناء تغلل مياه المجاري خلال وسط الترشيح لأسفل يتم تزويد النظام بالهواء اللازم لتنفس البكتريا والقيام بدورها في هضم وأكسدة المواد العضوية. كما يقوم وسط الترشيح بحجز جزيئات المادة العضوية ويمنع خروجها من وسط الترشيح. ويبين شكل (٢) شكلاً تخطيطياً لهذه المرشحات. وكفاءة هذا النظام في التخلص من الـ SS, BOD والميكربوات تعادل كفاءة طريقة الحمأة المنشطة.

٣) <u>الموصلات البيولوجية الدوارة Rotating biological contactors (RBC)</u>

الموصل البيولوجي عبارة عن مجموعة من الأقراص البلاستيكية المثبتة من مركزها على عمود إدارة أفقي. وهذه الأقراص ذات قطر حوالي ٣ متر وتصنع من عديد السترين Polystyrene أو من عديد الإثيلين Polyethylene أو من عديد كلوريد الفينيل Polyvinyle chloride. وتغمر هذه الأسطوانات جزئياً في أحواض تحتوي على المخلفات السائلة (مياه المجاري) ، بحيث يكون عمود الإدارة أعلى قليلاً من سطح السائل. ويدور العمود بسرعة ١-٢ لفة/دقيقة وينمو أثناء الدوران فيلم من الميكروبات على أسطح الأقراص الدوارة ، ويضمن دوران الأقراص تبادل تلامس الفيلم الميكروبي بالمخلفات المائية ثم بالهواء

الجوي ، حيث تقوم الميكروبات بإدمصاص المواد العضوية أثناء الغمر ، وإمتصاص الأكسجين من الهواء أثناء الرفع وعلى هذا الأساس تقوم الميكروبات بهضم وأكسدة الملوثات العضوية الموجودة بمياه المجاري.



شكل رقم (٢) : رسم تخطيطي لمرشح دوار تقليدي

جدول رقم (٢٠) : نوعية التلوث في مياه الصرف الصحي ووحدات المعالجة المناسبة :

نوعية التلوث	وحدات عمليات إزالة التلوث
المواد العضوية القابلة للأكسدة بيولوجياً	١) الحماة المنشطة بأنواعها •) الطريقة التقليدية. •) التهوية على مراحل. •) التثبيت بالتلامس. •) التهوية الممتدة. •) قنوات الأكسدة. ٢) المرشحات الزلطية بأنواعها المختلفة(بطيئة المعدل – سريعة المعدل) ٣) الأقراص الدوارة. ٤) بحيرات الأكسدة الطبيعية والمهواه. ٥) الترشيح الرملي. ٦) الترشيح في التربة. ٧) الطرق الطبيعية والكيميائية.
البكتريا عموماً والممرضة خصوصاً	١) الكلور. ٢) الهيبوكلورين. ٣) الأوزون ٤) الترشيح في التربة الطبيعية.
النتريت (النتروجين)	١) الاستنبات المعلق (الحماة المنشطة) ٢) النمو الملتصق (المرشحات الزلطية). ٣) التأزيت وإزالة التازت. ٤) الأمونيا. ٥) التبادل الأيوني. ٦) الكلور (بعد نقطة الإنكسار. ٧) الترشيح في التربة الطبيعية.
الفوسفـــــور	١) إضافة أملاح الألومنيوم أو الحديد ثم الترسيب. ٢) إضافة مواد التجلط والجير ثم الترسيب. ٣) المعالجة البيولوجية والكيميائية. ٤) الترشيح في التربة الطبيعية.
المواد العضوية غير القابلة للتحلل.	١) الإمتزاز السطحي بالفحم. ٢) المعالجة الإضافية بالأوزون. ٣) الترشيح في التربة.
الأملاح الذائبة	١) التبادل الأيوني. ٢) الضغط الأسموزي. ٣) التحليل الكهربي.
المعادن الثقيلة	١) الترسيب الكيميائي. ٢) التبادل الأيوني. ٣) الترشيح في التربة الطبيعية.

ثالثاً : المعالجة الثلاثية Tertiary treatment:

تعمل المعالجات الأولية والثانوية كما ذكر سابقاً على خفض محتوى المياه العادمة من المواد الصلبة وتثبيت محتواها من المواد العضوية القابلة للتحلل بكفاءة عالية إلا أنها غير قادرة على إزالة المواد العضوية صعبة التحلل والمغذيات المعدنية الذائبة (نترات – فوسفور وغيرها) والعناصر الصغرى والثقيلة وبعض المواد السامة بكفاءة عالية. ولذلك يكون من الضروري التخلص من هذه المواد عند إعادة تدويرها في الصناعة أو استخدامها كمياه للشرب (للحيوان أو للإنسان) أو لتربية الأسماك وغيرها. وهناك العديد من الطرق التي يطلق عليها المعالجات الثلاثية أو المتقدمة تستخدم على مدى واسع لإزالة هذه الملوثات بكفاءة عالية. ومن بعض المعالجات التي تستخدم في هذا المجال هي الترسيب الكيماوي لإزالة المواد الغروية والفوسفور والعناصر الثقيلة ، والإدمصاص على الكربون المنشط واستخدام المفاعلات البيولوجية المتقدمة Advanced bio-reactors لإزالة النتروجين (عمليتي النترتة Nitrification وعكس النترتة Denitrification والتبادل الأيوني.

النظم الغير تقليدية في معالجة مياه الصرف الصحي :

١) نظام الأراضي الرطبة :

الأراضي الرطبة عادة اقل من متر عمقا لمناطق تسمح بنمو أشجار وشجيرات في بيئة مائية والتي تأوي نباتات مائية شبه مغمورة او مغمورة مثل : نبات البوص والبردى وذيل القط وغيرها من النباتات المائية ، والعديد من أشجار أخري وهذه البيئة تعتبر مصدر مهم لمعيشة العديد من الأنواع الحيوانية. وحديثا لفتت نظم الأراضي الرطبة الأنظار كوسيلة اضافيه لمعالجه المياه العادمه المعالجه ثانويا وفي هذا النظام تقدم النباتات المنزرعة من خلال منطقة الجذور بتوفير أسطح حيه تتجمع عليها البكتريا وتساعد علي ترشيح وإزاله الملوثات من المياه العادمه عن طريق تشجيع عمليات

حيوية عن طريق الإمداد بالأكسوجين الحيوي او زيادة الكربون العضوي علي صوره أحماض عضويه وبالرغم ان كلا الأراضي الرطبة الطبيعية والأراضي الرطبة المنشأة هندسية قد استخدمتا في معالجه المياه العادمه الا ان الاخيره هي الأكثر انتشارا لمتطلبات القوانين البيئية والتنظيمية ويمكن تقسيم الاخيره الي نوعين:

الأول نظام مياه سطحيه حره والثاني نظام جريان تحت سطحي والنظام الأول شبيه بال المروج الطبيعية حيث ان المياه معرضه للهواء الجوي وفيها تنمو نباتات مائية طافية أو شبه مغمورة ويمكن تنمية أسماك للاستهلاك الآدمي ونمو النباتات المائية لا يشكل فقط وسيلة أخري لمعالجة المياه ولكن أيضا كمصدر لغذاء الأسماك والحيوانات الاخري وهذا النظام يتطلب مساحات من الأرض والاهتمام بتقييم المخاطر الصحية لإنتاج الأسماك.

أما النظام الثاني يتكون من قنوات او خنادق ذات قاع غير منفذ نسبيا مملوءه برمل او حصى صخري لدعم نمو النباتات وتمرر المياه في الطبقات تحت ألسطحيه.

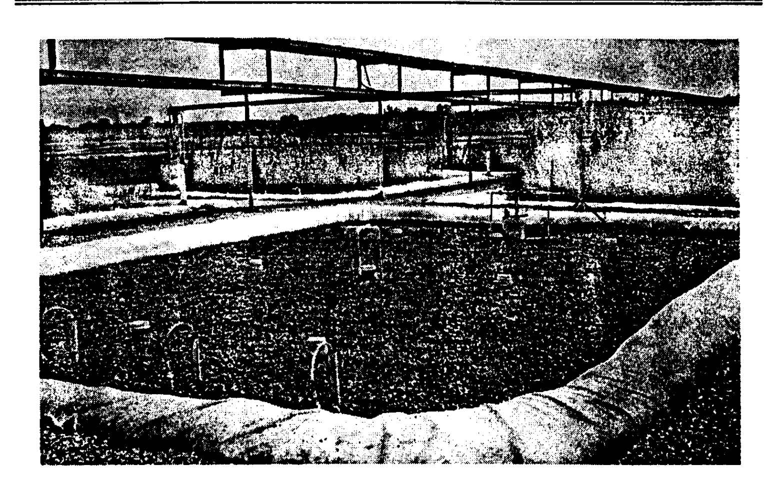
كذلك فمن الواضح الحاجة إلى إستخدام تقنية رخيصة لإعادة معالجة هذه المياه للتخلص من العناصر الثقيلة غير المرغوب فيها ومن أهم هذه التقنيات المتاحة والمرشحة بنجاح لحل هذه الإشكاليات هو إستخدام تقنية المعالجة الحيوية فى الأحواض الأفقية الحافظة للمياه Gravel Bed Hydroponic.

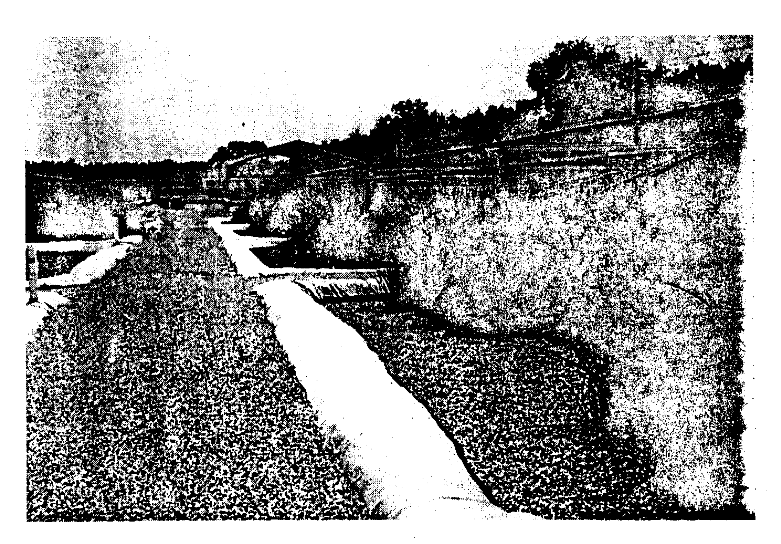
الأحواض الزلطية- تقنية جديدة لمعالجة مياه الصرف:
(نظام قنوات المعالجة الأفقية باستخدام أحواض الحافظة للمياه GBH)

ومما لا شك فيه إن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي تمثل قضية بيئية هامة حيث يستلزم الأمر معالجة دقيقة لمياه الصرف الصحي من الملوثات الميكروبية و الكيميائية و هذا في حد ذاته قضية بيئية هامة حيث أن في ذلك حماية للبيئة من مصدر هام من مصادر التلوث.

يستخدم هذا النظام كخطوة معالجة ثانوية أو ثلاثية Secondary or tertiary treatment أي أنه يمكن أن تضخ المياه الناتجة من أحواض الترسيب الأولية أو الثانوية للنظم التقليدية إلى الأحواض الزلطية المائية (GBH) لاستكمال عمليات المعالجة سواء كانت ثانوية أو ثلاثية على التوالي. ويتكون هذا النظام من عدد من الأحواض تتميز بعدم قابليتها لنشع أو تسرب المياه تحت المعالجة إلى البيئة المحيطة بالنظام ، ولها ميول تساعد على حركة الماء داخلها ، وتملأ بأحد المواد الغير قابلة للتحلل (حبيبات من الحجر الجيري أو البازلت أو الزلط أو الحصى أو الرمل الخشن) كوسط لتثبيت النباتات التي تقوم بعملية تنقية المياه وامتصاص الملوثات منها ، فضلاً على أنها تعمل كمرشحات جيدة للمواد الصلبة المعلقة. وتختلف هذه الأحواض من ناحية أطوالها وأعماقها ومساحاتها السطحية ، ومواد البناء والعزل المستخدمة ونوعية المواد المالئة والنباتات المنزرعة بالنظام ، وعادة يتكون هذا النظام من مجموعتين من الأحواض الطويلة (شكل ٣) يتم تشغيلها على التوالي. المجموعة الأولى من الأحواض تسمى بأحواض المعالجة Treatment beds وتزرع بأحد أو بعض النباتات ذات القدرة العالية على ضخ أوكسجين الهواء الجوي إلى منطقة نمو الجذور

والريزومات بالأحواض. ومن النباتات المحلية التي تزرع في هذه الأحواض نباتات البوص والبردي والسمار والتيفا وعلف الفيل (من الأعلاف التي تستخدم في تربية الحيوان) وغيرها. ومن مميزات عملية نقل الهواء الجوي من خلال أوراق وسوق النباتات النامية إلى منطقة الجذور أنها تزيد من نشاط الكائنات الحية الدقيقة في القيام بالعمليات البيولوجية المختلفة مثل عمليات تحلل المواد العضوية المترسبة بين حبيبات الزلط المالئة للأحواض ، عمليات تكوين الأمونيا والنترات وتحولاتها ، وعمليات الأكسدة والاختزال للعناصر المعدنية. أما المجموعة الثانية من الأحواض تسمى بأحواض الزراعة crop beds حيث تخصص لزراعة المحاصيل الموسمية المختلفة. ويفضل في هذه الحالة زراعة المحاصيل التي لا تؤكل طازجة مثل عباد الشمس والذرة الشامية والسورجم والفول البلدي والقرطم وعلف الفيل وبنجر السكر وبنجر العلف وغيرها.





شكل (٣) : يوضح نظام قنوات المعالجة الأفقية بإستخدام أحواض الحافظة للمياه GBH

والمياه الناتجة من هذه الأحواض بعد تمام عملية المعالجة تكون ذات مواصفات جيدة يمكن إستخدامها مباشرة في الزراعة الحقلية التقليدية المختلفة دون أدنى خوف أو صرفها في الترع والمصارف الزراعية أو قد تجمع في أحواض لتربية الأسماك أو الأزولا أو الطحالب الخضراء (أو الخضراء المزرقة) لإنتاج أعلاف خضراء للأسماك أو للطيور الداجنة.

ويتميز نظام الأحواض الزلطية عن غيره من النظم فيما يلي :

١) بسط النظم تصميماً وأقلها تكلفة من ناحية الإنشاء والتشغيل والصيانة.
٢) نظام غير مستهلك للطاقة مقارنة بالنظم التقليدية التي تستخدم الآلات والمعدات المختلفة كعنصر أساس عمليات التشغيل المختلفة.
٣) لا تحتاج إلى عمالة ذات خبرات خاصة لعمليات التشغيل والصيانة الدورية.
٤) نظام منتج ملائم للظروف المصرية حيث يمكن استخدامه في إنتاج أعلاف خضراء للحيوانات (علف الفيل – بنجر العلف). كما يمكن أن تستخدم أحواض المرحلة الثانية من نظام الـــ GBH في زراعة النباتات ذات الصفة الصناعية (نباتات طبية – نباتات البردي والسمار – عباد الشمس).
٥) ذات قدرات عالية في تخليص المياه العادمة من محتوياتها من المواد الملوثة المختلفة سواء كانت ملوثات معدنية (أمونيا – معادن ثقيلة) أو عضوية أو مركبات هيدروكربونية (مركبات تيفولية) أو الميكروبات المرضية.

٦) نظام مرن من ناحية الاستخدام والتداول ، حيث يمكن تطبيقه تحت تصميمات مختلفة ولا يحتاج إلى خبرات معقدة.

المواصفات العامة لنظام الأحواض الزلطية المائية :

تعتبر الأحواض الزلطية المائية نظاماً معدلاً من النظم المعروفة باسم artificial wetland والتي استنبطت أصلاً من النظم التي وجدت بالطبيعة تلقائيا والتي تلعب فيها النباتات النامية دوراً أساسياً في تحسين مواصفات المياه الناتجة منها والتي تسمى بإسم لنشع أو تسريب المياه تحت المعالجة إلى البيئة المحيطة بالنظام. وهذه الأحواض لها ميول تساعد على حركة المياه داخلها تملأ بإحدى المواد الغير قابلة للتحلل كوسط لتثبيت النباتات التي تقوم بعملية تنقية المياه العادمة فضلاً على أنها تعمل كمرشحات جيدة. وقد تختلف هذه الأحواض في الآتي :

١) مواد البناء :

تستخدم أي من مواد البناء المتوفرة محلياً فقد تدك أرضية الأحواض باستخدام الخرسانة أو الحجر الجيري وتستخدم قوالب الطين المحروق أو القوالب الأسمنتية أو الرملية أو تلك المجهزة من صخر الجيري أو الرملي في بناء حوائط الأحواض.

٢) مواد عازلة لمنع تسرب المياه :

تبطن الأرضية والجوانب بغشاء بلاستيكي أو مطاطي أو قد تستخدم موارد الطلاء الحديث مثل البيتومين والسيكا لمنع تسرب المياه من الأحواض.

٣) أطوالها وأعماقها ومساحتها السطحية :

وتحدد هذه العوامل حسب طبيعة المياه ودرجة تلوثها والمواصفات المطلوبة للمياه بعد المعالجة وتتراوح المساحة السطحية المستخدمة من ٢ إلى ٥ر٣ م^{٢}/فرد (أي أنه يلزم مساحة تتراوح بين ٥-١٠ م^{٢} لمعالجة ١ م^{٣} مياه عادمة في اليوم.

٤) نوعية النباتات المنزرعة :

المختلفة للمياه العادمة ، فقد يزرع نبات البوص ثم علف الفيل أو نبات التيفا Typha أو نبات يستخدم العديد من النباتات التي تتميز بقدرتها العالية في ضخ الأكسجين من الهواء الجوي خلال سوقها إلى منطقة الجذور والريزومات مما يشجع على هدم المواد العضوية المترسبة في البيئة الزلطية المحيطة بمنطقة الجذر. ومن هذه النباتات البوص .Phragmites sp والتيفا Typha وعلف الفيل Napier grass ونبات البردي. ويفضل أن تستخدم النباتات المحلية التي لها القدرة على النمو خلال فصول السنة المختلفة وأن تتحمل الظروف البيئية القاسية وأن يتلائم نموها مع النوعيات والمواصفات المختلفة للمياه العادمة ، فقد يزرع نبات البوص ثم علف الفيل أو نبات التيفا Typha أو نبات البردي.

٥) المواد المالئة للأحواض :

عادة تستخدم مواد غير قابلة للتحلل inert materials مثل حبيبات الزلط أو الحجر الجيري أو الحجر البازلتي أو الحصى والرمل الخشن وتستخدم أحجام مختلفة من الأصغر حجماً وهكذا حتى نهاية الأحواض المعالجة.

٦) **نظام تشغيلها :**

يتم تشغيل الأحواض إما على التوازي أو على التوالي وقد يكون التشغيل مستمراً أو متقطعاً (تشغيل – إيقاف) خلال فترة التشغيل اليومي ويتوقف ذلك على طبيعة نمو نباتات المعالجة وظروف المناخ من درجة حرارة وأمطار وكذلك نظام إدارة مشروع المعالجة حتى يتحقق أفضل ظروف بيئية مع أقصى كفاءة لمعالجة المياه العادمة.

ويشمل نظام المعالجة الخطوات التالية :

١) **معالجة أولية :**

يضم شبكة لفصل الشوائب كبيرة الحجم وحوض ترسيب الرمال والمواد العضوية العالقة ويعمل على تجميع المياه العادمة قبل مرورها على أحواض المعالجة الزلطية.

٢) **الأحواض الزلطية المائية :**

تستقبل هذه الأحواض المياه من حوض الترسيب الأولي وسرعة حركة المياه داخل الأحواض تكون عن طريق الجاذبية الأرضية وتتأثر سرعتها كثيراً بدرجة ميل الأحواض وحجم حبيبات المواد المالئة والمسامية بين هذه الحبيبات ومدى تفرع وإنتشار جذور وريزومات نباتات المعالجة. وقد تكون الأحواض في صورة مساحات واسعة مزودة بنظام لتوزيع المياه عند مدخلها كما في نظم constructed wetlands ، أو قد تتكون من مجموعة الأحواض الطولية تعمل على التوازي أو من مجموعتين من الأحواض يتم تشغيلها على التوالي حيث يزرع في المجموعة الأولى نباتات المعالجة ويفضل عادة زراعة نباتات البوص .phragmites sp أو

نباتات Typha ، حيث تتميز بقدرتها العالية على ضخ أكسجين الهواء الجوي إلى منطقة الجذور الريزومات بالأحواض مما يشجع الكائنات الدقيقة على القيام بعمليات تحلل المواد العضوية المترسبة بين الحبيبات وعمليات تكوين الأمونيا والنترات وتحولاتها وعمليات التأكسد والاختزال للعناصر المعدنية وتزيد من قدرة النباتات على إمتصاص العناصر الغذائية المختلفة كما يمكن زراعة أحواض المعالجة بنباتات علف الفيل (غذاء الحيوان) ونباتات البردي (إقتصادي). أما المرحلة النباتية من الأحواض فتخصص لزراعة المحصولات الموسمية المختلفة وفي هذه الحالة يفضل زراعة المحصولات التي لا تؤكل طازجة فقد تم في التجربة المصرية زراعة محاصيل عباد الشمس وبنجر العلف.

والمياه الخارجة من هذه الأحواض ذات مواصفات جيدة يمكن استخدامها مباشرة في الزراعات الحقلية المختلفة دون أي خوف ذات مواصفات جيدة يمكن استخدامها مباشرة في الزراعات الحقلية المختلفة دون أي خوف وقد يتم صرف المياه المعالجة إلى الترع أو المصارف الزراعية أو قد تجمع في أحواض لتربية الأسماك أو لتربية الطحالب الخضراء المزرقة أو الأزولا لانتاج أعرف خضراء للأسماك أو للطيور الداجنة .

وكذلك فان إعادة استخدام هذه المياه المنقاة سوف يوفر مزيد من المياه لمزيد من الأراضي المستصلحة و كذلك مزيد من الإنتاج ومزيد من المجتمعات الجديدة و حماية لأرض الدلتا الخصبة من بناء المساكن للإعداد المتزايدة من البشر. وقد قامت جامعة قناة السويس بالتعاون مع محافظة الاسماعيلية ومركز البحوث الزراعية -قسم الأراضي والمياه(وزارة الزراعة) وجامعة بورتسميث بتطبيق أحدى التجارب الهامة (١٩٨٠-١٩٩٠) التي تستخدم لمعالجة مياه

الصرف الصحي بيولوجيا دون إضافة كيماويات تلوث البيئة و بتقنية بسيطة ورخيصة. وهذه الطريقة تساعد على تخلص المياه من الملوثات وذلك بامرار هذه المياه في أحواض زلطية مزروعة بنبات البوص أو البردي مما يجعل هذه التقنية ليست فقط نظيفة ولكن منتجة حيث يتم أيضا استغلال الأحواض في إنتاج نباتات ذات قيمة اقتصادية معقولة. كما إن هذه التقنية تتميز بكونها بسيطة وغير معقدة لا تستهلك طاقة و لا يستخدم فيها آلات تحتاج لصيانة مكلفة كما هو متبع في (التقنيات) التقليدية ألمستعمله في تنقية مياه الصرف الصحي و المنتشرة في مدن و أنحاء مصر. تعتمد فكرة المشروع أساسا على امرار تيار مياه الصرف الصحي في أحواض مبطنة بغشاء غير منفذ ومملوءة بالحصى (إحجام مختلفة) ومزروعة بنبات البوص والبردي . وتوفر هذه البيئة الظروف المناسبة للكائنات الدقيقة لكي تتمركز حول جذور النباتات و تبدأ في تكسير المواد العضوية و الملوثات المختلفة إثناء مرور مياه الصرف من خلال جذور هذه النباتات.

وفي دراسة حديثة تم اختبار عدد من الأحواض التي أقيمت علي سبيل التجارب حيث تم دراسة تجربة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام قنوات الحبيبات الحافظة للمياه (GBH) في منطقة أبو عطوه (مدينة الإسماعيلية) وقد أخذت عينات المخلفات السائلة الداخلة في نظام المعالجة المستخدمة و الخارجة بعد معالجتها كذلك عينات الحماة الناتجة ثم امتدت الدراسة إلى تصنيف الخواص الكيميائية والبكتريولوجية في مياه الصرف الصحي قبل المعالجة وإثناء المعالجة و في نهاية المعالجة بالقنوات ذات أطوال مختلفة هي ١٠٠-٥٠ متر. حيث تمت دراسة مياه الصرف الصحي وتركيز الملوثات بالمياه الداخلة والخارجة (influent and effluent)

خاصة الامونيا (NH_3- N) الكبريتيدات (S_2-) النتيريت (NO_2) والنيترات, (NO_3) كما يظهر في جدول (٢١).

جدول (٢١) : خواص مياه المجاري (الداخلةوالخارجة) من أحواض ألمعالجه بالأحواض الزلطية.

parameter	Sewage water	
	Influent (mg/I)	Effluent (mg/I)
pH	7.2	6.8
NH_3 - N	5.8 -3.4	0.3 –Zero
S	4.8 -2.2	2.8 -1.5
Nitrites(NO_2)	--	--
Nitrates(NO_3)	Zero -0.3	0.061
K	6.2	
Na	40	
Ca	50	
Mg	50	

جدول رقم (٢٢) : يوضح تركيز كل من الكالسيوم , المغنسيوم , الحديد , الصوديوم في القنوات الست في مياه الصرف الصحي الداخلة و الخارجة.

Channel No.	Na		Ca		Mg		Fe	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
1	56	63	56	59	44	55	0.39	0.50
2	68	70	68	75	50	54	0.43	0.36
3	65	80	65	74	50	65	0.55	0.49
4	60	74	66	70	42	60	0.78	0.48
5	63	74	62	70	49	55	0.51	0.38
6	62	69	67	74	43	55	0.48	0.44

ويتضح من الجدول أن تركيز هذه العناصر يزداد وخاصة الصوديوم والكالسيوم .

كما يوضح جدول رقم(٢٣) مستوى تركيز العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي الداخلة والخارجة في التجربة و كذلك مستوى تركيز العناصر الثقيلة بالحمأة, ويحتوي الجدول أيضا على نسبة تركيزالعناصرالثقيلة في مياه ترعة الاسماعيلية للمقارنة. ويلاحظ انخفاض تركيزات العناصر الثقيلة بدرجة كبيرة فى الماء الخارج من الاحواض ونجاح التقنية فى خفض تركيزات العناصر بدرجات كبيرة.

جدول رقم (٢٣) : يوضح مستويات العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي الداخلة والخارجة من الأحواض.

Metal	Sewage Water		Ismailia Canal (ug/l)	Sludge mg/Kg (dry weight)
	Influent(ug/l)	Effluent (ug/l)		
Zn	232	20	5.1	1.225
Cr	212	BDL	4.3	25.300
Cu	179	69	3.1	805.000
Fe	399	296	45.0	10.500
Cd	23	6	0.5	3.700
Ni	189	29	--	23.700
Mn	--	--	12.4	--

دراسة بعض الخواص الكيميائية :

جدول (٢٤) يوضح قيم الأكسيجين الحيوي المطلوب(BOD) على طول خط مجرى القنوات(GBH) ذات الأطوال ٥٠ متر , ١٠٠ متر على التوازي حيث يتضح أن قيم BOD تقل تدريجياً من المدخل حتى المخرج في كل من المجريين ويتضح أيضاً أن المجرى ذات المائة متر طول ذات كفاءة أكثر في إزالة BOD فقد كانت ٧١% من المجرى ذات الخمسون متر بينما زادت حتى ٩٦% في نهاية المجرى ذات المائة متر طول.

جدول رقم (٢٤) : يوضح التغيرات في مستويات الطلب على الأكسجين الحيوي (ملليجرام/لتر) على طول نظام الأحواض الزلطية والمنزرعة بنبات البوص بالإسماعيلية.

Dlistance (m)	50m Bed	100m Bed
٠	١١٠	١١٠
١٠	٩٩	٥٢ر٥
٢٥	٤٢	٤٣
٥٠	٣٢	–
٦٠	–	٢٩
٨٠	–	٢٧
١٠٠	–	٤

ويوضح الجدول رقم (٢٥) مستوى النشادر والنترات في المجرى ذات المائة متر طول فقد كانت النشادر في بداية المجرى ٢٣ مجم/لتر وقل حتى في منتصف المجرى إلى ١٢,٩ مجم/لتر في نهاية المجرى بينما كان تركيز النترات هو ٠,٦ مجم/لتر في بداية المجري ذاته حتى ٣,٣ مجم/لتر في منتصف المجرى ثم ٥,٥ مجم/لتر في نهاية المجرى.

جدول رقم (٢٥) : يوضح مستويات الأمونيا والنترات مجم/لتر على طول الأحواض الزلطية والمنزرعة بنبات البوص بالإسماعيلية.

المسافة بالمتر	NH_3	NO_3
مياه الصرف الداخلة	٢٣ر٠	٠ر٦
مياه الصرف بعد ٥٠ متر	١٢ر٩	٣ر٣
مياه الصرف بعد ١٠٠ متر	١ر٧	٥ر٥

وأخيرا يوضح الجدول رقم(٢٦) مستوى تركيز كل من الاكسيجين الحيوي المطلوب (BOD) , والمواد الصلبة العالقة (SS) , النشادر (NH3) والنيتروجين العضوي الكلي (TON), و ذلك في مياه الصرف الصحي الداخلة (قبل المعالجة) عن طريق قنوات (GBH) و الخارجة بعد المعالجة حيث تصل نسبة إزالة كل

من BOD, المواد الصلبة العالقة, النشادر الى ٨١%, ٨٣%, ٨٣%
على الترتيب كما إن نسبة النيتروجين العضوي الكلي تزداد من ٠,٣
حتى تصل الى ٣,٤ كنتيجة طبيعية لعمليات التأكسد العضوي بفعل
بكتيريا الهواء الجوي.

جدول رقم (٢٦) : مستويات الأمسجين الحيوي ، العوالق ، الأمونيا والنترات في مياه الصرف بعد ١٠٠ متر في الأحواض الزلطية والمنزرعة بوص بالإسماعيلية.

نسبة الإزالة (%)	المياه الخارجة	المياه الداخلة	المعايير
٨١	١٧ر٣	٩٢ر٨	الأكسجين الحيوي بالملليجرام/لتر
٨٣	١٢ر٨	٦٩ر٩	العوالق بالملليجرام/لتر
٨٣ر٢	٣ر٥	٢١ر٥	الأمونيا (ن) ملليجرام/لتر
	٣ر٤	٠ر٣	النتروجين العضوي

بعض الخواص البكتريولوجية:

وقد تم تقدير بعض الخواص الميكروبولوجية للمياه الداخلة والخارجة من نظام GBH في منطقة أبو عطوة وهذه الخواص هي: العد الكلي للبكتريا (total bacterial count) ، total coliform and fecal coliform ويوضح جدول (٢٧) بعض الخواص البكتيريولوجية لمياه الصرف الداخلة والخارجة من النظام.

جدول رقم (٢٧) : يوضح بعض الخواص البكتيريولوجية لمياه الصرف الداخلة والخارجة من النظام.

Parameter	Sewage water		%R
	In	Out	
T.B.C.	3×10^9	5×10^8	83.3
T.C.C.	46×10^4	11×10^4	76.10

ويلاحظ من جدول (٢٧) أن العد الكلي للبكتريا يقل في المياه الخارجة من النظام عن المياه الداخلة للنظام، كما هو الحال في باقي القياسات وذلك لأنه يتم إحتجاز جزء كبير من المواد العالقة أثناء عملية المعالجة و حيث ان البكتيريا توجد ملتصقة بهذه المواد العالقة فإنه يحدث تقلص في عدد البكتريا بأنواعها المختلفة أثناء عملية المعالجة وبالتالي يمكن القول ان نظام المعالجة بواسطة GBH يمكن أن يفيد في الإقلال من أعداد البكتيريا الموجودة في مياه الصرف الصحي.

نستنتج من هذه الدراسة أن نظام المعالجة المستخدم في الاسماعيلية ذو كفاءة عالية في معالجة مخلفات الصرف الصحي وخاصة في إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية مثل النشادر، الكبريتيدات ، المكونات العضوية ، النيتريت ، النيترات ، العكارة، المواد العالقة ، كما أن النظام له قدرة متوسطة في إزالة المعادن الثقيلة والبكتريا وخاصة عندما نستخدم مخلفات الصرف الصحي كما في الإسماعيلية دون خلطها بالمخلفات الصناعية السائلة حيث يتضح ان العناصر الثقيلة التي لها قدرة على التراكم في هذه التجربة هي الخارصين ، الكروم ، الحديد ، المنجنيز ، النحاس وكان أقلهم تراكم هو الكادميوم ، الرصاص ثم النيكل. وبذلك يمكن التأكد أن النظام المستخدم في هذه التجربة هو نظام ذو فاعلية وكفاءة في معالجة مخلفات الصرف الصحي دون - إستخدام التقنية المعقدة الغالية - دون فقد أي طاقة تذكر و ذو صيانة منخفضة التكاليف.

كما أثبتت التجربة إن المياه المعالجة يمكن استخدامها في الري لما تتميز به من خصائص صالحة لاستخدامها كمصدر من مصادر الري بدلا من اعتبار مخلفات الصرف الصحي مصدرا من مصادر التلوث ذو تكلفة عالية في معالجتها حيث أثبتت التجربة

الحالية انه يجب إن ننظر إلى مياه مخلفات الصرف الصحي أنها مصدر من مصادر المياه الصالحة للري بعد معالجتها بهذه الطريقة البيولوجية البسيطة غير المعقدة. تقييم كفاءة نظام المعالجة في التخلص من المركبات العضوية والكيميائية الملوثة لمياه الصرف الصحي (المواد القابلة للترسيب (SS) ، الأكسجين الذائب (DO) وإحتياجات الأكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية (COD) ، لمونيا والنترات والفوسفور وخلافه.

٢) أحواض التثبيت : Stabilization ponds

هي عبارة عن أحواض أرضية تختلف أعماقها تبعاً لدرجة المعالجة المطلوبة ، تكون فيها الطبيعة وعملياتها مسئولة عن تنقية المخلفات المائية وتثبيت الحمل العضوي بها ويكون تقسيم أحواض التثبيت طبقاً لطبيعة عملها غلى أحواض لا هوائية واختيارية وهوائية. وقد يستخدم نظام المعالجة نوع واحد من هذه الأحواض أو قد يضم كل نوعيات الأحواض.

أ) الأحواض اللاهوائية Anaerobic stabilization ponds

قد يصل عمق هذه الأحواض من ٢-٦ متر ، وأثناء عملية المعالجة تسود الظروف اللاهوائية وينعدم تواجد الطحالب ويتم تثبيت الحمل العضوي عن طريق عمليات التحلل اللاهوائية المختلفة لتعطي نواتج نهائية متمثلة في الميثان والماء وتستخدم هذه العملية في التثبيت السريع للمخلفات العضوية السائلة عالية التركيز.

ب) الأحواض الإختيارية Facultative stabilization ponds :

يستخدم هذا النوع من الأحواض عادة كخطوة معالجة ثانوية ، ويتراوح عمق هذه الأحواض من ٢ر١ إلى ٥ر١متر وتتم عملية

المعالجة في الطبقة العليا من المياه العادمة تحت الظروف الهوائية حيث يتوافر الأكسيجين اللازم لأكسدة الملوثات العضوية والغير عضوية ، أما في الطبقة الوسطى والسفلى وفي قاع الحوض (المواد العضوية المترسبة) تتم عملية المعالجة تحت الظروف الشبه هوائية واللاهوائية على الترتيب.

ج) أحواض التثبيت الهوائية Aerobic stabilization ponds:

يبلغ أقصى عمق لهذه الأحواض واحد متر وتسود الظروف الهوائية بسبب وفرة الأكسجين الذي يتم التزويد به من مصدرين هما الذوبان الطبيعي لأكسجين الهواء الجوي في الماء ، والطحالب ، وتحتوي هذه الأحواض عادة على قدر عالي جداً من الطحالب التي تقوم بإنتاج الأكسجين أثناء عملية التمثيل الضوئي ، وتقوم البكتيريا بعمليات أكسدة المحتوى العضوي هوائياً وإنتاج العناصر الغذائية البسيطة (أمونيا – نترات – فوسفور) وثاني أكسيد الكربون. وتتغذى الطحالب على هذه العناصر وتتكاثر وتقوم بإنتاج الأكسجين مرة أخرى وتستمر العملية. وتصل كفاءة أحواض التثبيت على إختلاف أنواعها في التخلص من المواد القابلة للترسيب (SS) ، وذات الاحتياج البيولوجي للأكسجين (BOD) إلى ٩٥% ، والميكروبات المرضية إلى ٩٩ر٩٩% والنيماتودا إلى ١٠٠%.

<u>طرق استخدام المياه العادمة المعالجة في الاراضي :</u>

يتم التخلص من المياه العادمة المعالجة بالقائها في المجاري المائية الا أنه يمكن إضافتها الي الارض سواء لري المحاصيل أو كوسيلة أخرى للتخلص منها أو المعالجة وتخزين هذه المياه هناك ثلاث طرق أساسية تستخدم في ذلك وهي: الري بمعدل منخفض والغمر السطحي ومعدل الترشيح العالي. وإستخدام احد هذه الطرق

يتوقف علي الشروط السائدة في الموقع مثل معدل الحمل ، طريقة ري المحاصيل ، كفاءة المعالجة المتوقعه ... الخ.. فمثلا في طريقة الري بمعدل منخفض يتم إضافة المياه المعالجة عن طريق الري بالرش أو الري السطحي بمعدلات ٥ر١ - ١٠ سم/ أسبوع ثلثي هذه الكمية تؤخذ بواسطة المحاصيل أو تفقد بالبخر بينما يترشح الباقي من خلال عمود التربة ويجب ان يصمم النظام لتعظيم عملية عكس النترته بيولوجيا لتفادي حدوث تلوث للمياه الجوفية بالنترات ، وفي هذه الطريقه يجب أن يكون مساحة القطعه المروية من ٥-٦ هكتار لكل ١٠٠٠ شخص ولذلك فهي تصلح للمجتمعات الصغيره.

أما طريقة غمر الأرض والجريان السطحي فيسمح لتيار المياه العادمة ان ينساب لمسافه ٥٠ -١٠٠ متر خلال منحدر مزروع بإنحدار ٢-٨% ثم تجمع المياه في جدول أسفل المنحدر ومعدل التحميل للمياه العادمة في هذه الحاله يتراوح بين ٥-١٤سم /اسبوع. وفي هذه الطريقه ٦٠% من المياه تجري جريان سطحي ، ١٠% يترشح خلال التربة أما الباقي وهو ٣٠% يفقد بالبخر وهذا النظام يتطلب أراضي طينية ذات نفاذية منخفضة.

أما الطريقة الثالثة المسماه المعدل العالي للترشيح للمياه المعالجة يمكن تسميتها طريقه للتخزين الجوفي في باطن الارض وفي هذه الحاله يكون معدل التحميل أكثر من ٥٠ سم /اسبوع وفيها تتخلل المياه نظام التربة ذات القوام الخشن والعالية النفاذية والترشح حيث يتم شحن خزان مياه جوفية في أسفلها ويمكن إستخدام هذه المياه في الري وهذا النظام يحتاج مساحات أراضي أقل عن الطرق الاخري وتحتاج فترات للتجفيف وهي مهمة للتهويه وتفادي مشاكل إنسداد مسام التربة.

وإختيار الموقع هنا يتوقف على العديد من العوامل ، منها نوع التربه ، القابليه للصرف ، عمق المياه الجوفيه ، حركية المياه

الجوفية ، الانحدار ، تكوين تحت التربة ، مدى إنعزالية الموقع عن التجمعات السكانية. ونوع التربة وعمق المياه الجوفية يُشكلان أهم العوامل للتخلص من الفيروسات والبكتريا الممرضة ، فمثلا عدة أمتار من طبقات التربة ناعمة القوام ضرورية جداً للتخلص من الفيروسات خاصة اذا كانت المياه الجوفية تحت التربة مباشرة.

مثال لكيفية المعالجة المتكاملة لمياه الصرف الصحي :

تستقبل المحطة مياه المجاري الخام في أحواض بها مناخل من قضبان حديديه **Grit chamber , bar screen … etc.**
ثم يخرج الماء الي المعالجة الابتدائية حيث يُجمع في أحواض أو تنكات لفصل المواد الصلبة من المياه العادمة ثم تتجه المياه الي ما يسمي برج المعالجة الحيوي حيث يتم رش المياه فوق شبكة بلاستيكية لاتاحة ظروف هوائية والحصول على نسبة عالية (سطح الي حجم) للسطح النوعي لتدعيم وخلق فيلم رقيق من سائل المجاري وفعّال حيويا بواسطة البكتريا النشطة والتي تقوم بتكسير المواد العضويه في المياه العادمة ثم يتم إمرار المحلول المعالج هوائياً الى المرحله الثانوية حيث يتم فصل المواد العالقه منها سواء بالترسيب أو الطفو ويتم إزالتها ، ثم يتم معالجة المحلول في المرحلة الثلاثية بالكلور لتعقيمه قبل صرفه الي مجرى مائي (مصرف عمومي مثلاً) وقد تجري بعض المعاملات لترويق المحلول واعادة تعقيمه بطرق عديدة.

أما الخبث الذي تم جمعه من المرحلة الاولية والثانوية فيتم خلطهما وتجرى معالجتهما بالهضم اللاهوائي ويمكن إجراء عمليات طرد مركزي لضمان إحتواء الخبث علي ٨ - ٩% مادة صلبة وأفضل طريقه للتعامل مع النواتج الصلبة هو الكمر الهوائي حيث

يتم تحلل المخلفات الصلبة هوائيا تحت ظروف يتم التحكم فيها وترتفع درجه الحرارة الي ٦٥ - ٧٠ درجه مئوية مما يؤدي الى قتل البكتريا الممرضه والطفيليات ويكون المنتج النهائي آمن للاستخدام والتداول والتخزين السهل والقابل للاضافة للاراضي الزراعية بدون تأثيرات معاكسة للبيئة وبعبارة أخرى طريقة الكمر هى نظام حيوي مُهندَّس Engineered Biological System.

ويمكن تقسيم أنظمة الكمر الي ثلاثة مجموعات : أ) المصفوفات ، ب) الكومة الثابته المهواه ، ج) الكمر في الوعاء **Windrow, Static pile and In vessel.**

في الطريقة الاولي يتم كمر مخلوط من المواد العضوية الصلبة في مصفوفة طويلة ويتم تهويتها ، إما بأنابيب تضُخ الهواء تحت الكومة أو يمكن تقليب المصفوفة بوسائل ميكانيكية على فترات لتعريض المادة العضوية للاوكسجين الجوي. أما في طريقة الكومة المهواه حيث لا يتم تقليب الكومة وإنما يتم ضخ الهواء داخل الكومة علي فترات للحفاظ علي الظروف الهوائية داخل المكمورة ، أما طريقة مفاعل الكمر المغلق حيث يتم التحكم في كل شروط الكمر داخل وعاء الكمر أتوماتيكياً وتُشير التقارير إلى ان ٩٠% من إمكانيات الكمر في الولايات المتحدة تستخدم أسلوب الكومة المهواه ، أما الباقي يستخدم أسلوب المصفوفات ، وهاتان الطريقتان تنتجان منتج ثابت ومنخفض التكاليف نسبياً ، والمنتج النهائي هو سماد عضوي مُصنَّع يُشبه الهيومس وله خواص قيِّمه كمصلح للتربة بالاضافه لما يحتويه من عناصر مغذية صغرى وكبرى واللازمة لنمو المحاصيل وهذا السماد وإن كان يحتوي على كمية قليلة من النيتروجين الا انه يتميز بخلوه من البكتريا الممرضه والطفيليات وبذور الحشائش.

ومما سبق يتضح أنه يمكننا أن نتفادى الثلاثة مشاكل الاساسية والتي تحد من إستخدام مياه المجاري المعالجة في ري الأراضي، فالمشكلة الأولى احتواء مياه المجاري الخام على كميات لا بأس بها من النيتروجين والتي تهدد بغسيلها الي المياه الجوفية الارضية ، والمشكله الثانية هي وجود المعادن الثقيلة السامة بمستويات عالية ، والمشكلة الثالثه هي وجود الطفيليات والبكتريا الممرضة.

ملحق جدول (١)

الخطوط الإرشادية للمعايير الكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة والتي يعاد إستخدامها لأغراض الري

المكون	الإستعمال طويل الأجل الحد الأقصى للتركيز ملليجرام/لتر	الإستعمال قصير الأجل الحد الأقصى للتركيز ملليجرام/لتر
الألومنيوم (Al)	٥ر٠٠	٢٠
الزرنيخ (As)	٠ر١٠	٢
البريليوم (Be)	٠ر١٠	٠ر٥
النحاس (Cu)	٠ر٢٠	٥
الفلوريد (F)	١ر٥٠	١٥
الحديد (Fe)	٥ر٠	٢٠
الليثيوم (Li)	٢ر٥٠	٢ر٥
المنجنيز (Mn)	٠ر٢٠	١٠
النيكل (Ni)	٠ر٢٠	٢
الرصاص (Pb)	٥ر٠	١٠
السلينيوم Se	٠ر٠٢	٠ر٠٢
الكادميوم (Cd)	٠ر٠١	٠ر٠٥
الزنك (Zn)	٥ر٠	١٠
الكروم (Cr)	٠ر١٠	١
الزئبق (Hg)	٠ر٠٠٢	٠ر٠٠٢
الفاناديوم (V)	٠ر١٠	١ر٠
الكوبلت (Co)	٠ر٠٥	٥
البورون (B)	١ر٠	٢ر٠
الموليبدنوم (Mo)	٠ر٠١	٠ر٠٥
الفينول (Phenol)	٠ر٠٠٢	٠ر٠٠٢
المواد الذائبة الكلية TDS	٢٠٠٠	٣٠٠٠
أيون الفوسفات (Total (PO_4))	٣٠	٣٠

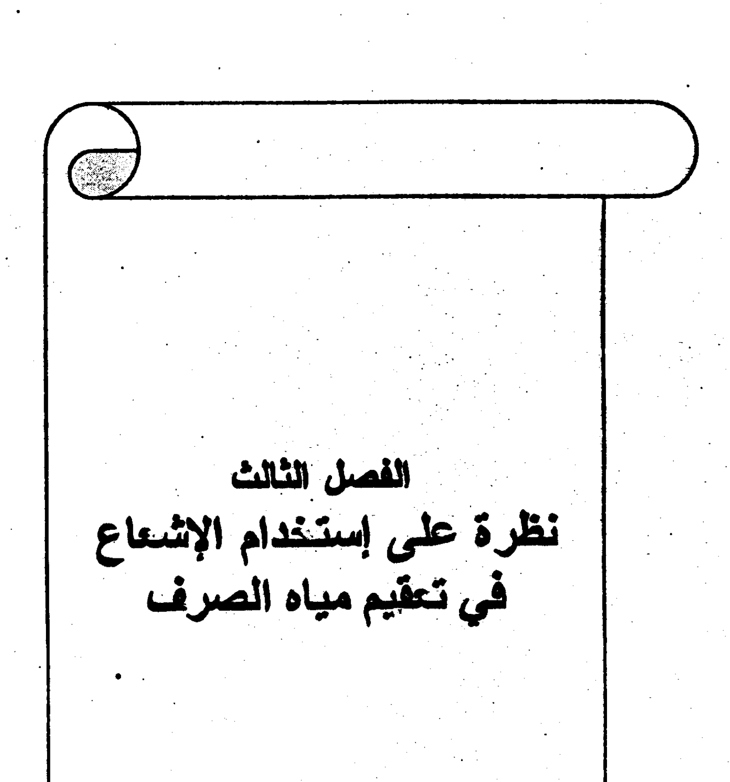
(تابع) ملحق جدول (١)
الخطوط الإرشادية للمعايير الكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة والتي يعاد إستخدامها لأغراض الري

المكون	الإستعمال طويل الأجل[١] الحد الأقصى للتركيز ملليجرام/لتر	الإستعمال قصير الأجل[٢] الحد الأقصى للتركيز ملليجرام/لتر
أيون الكلوريد (Cl)	٤٠٠	٤٠٠
أيون الكبريتات SO_4	٥٠٠	٥٠٠
أيون البيكربونات HCO_3	٤٠٠	٤٠٠
معدل إدمصاص الصوديوم (SAR)	٦-٩	٦-٩
كاتيون الصوديوم Na	٢٣٠	٢٣٠
كاتيونات الماغنسيوم Mg	١٠٠	١٠٠
لأيون الكالسيوم Ca	٢٣٠	٢٣٠

مصدر الجدول :
FAO, 1992, National Academy of Science-National Academy of Engineering (1973).

[1]) يمكن إستعمال المياه بإستمرار وفي جميع أنواع التربة.

[2]) يمكن استعمال المياه لمدة تصل إلى ٢٠ سنة في أنواع التربة الناعمة القوائم سواء كانت متعادلة أو قلوية.


الفصل الثالث
نظرة على إستخدام الإشعاع
في تعقيم مياه الصرف

<u>إخترت أن أكتب في هذا الموضوع الحرج لأسباب عديدة :</u>

<u>أولاً</u> : أن هناك فئة من متخذي القرار ومن الباحثين (في أي موقع كان) يعتقدون أن نقل كل تكنولوجيا غربية هو أسرع طريق للنجاح وتحقيق التنمية السريعة وكانت هي طوق النجاح الذي يبحثون عنه لإيجاد أي حلول.

<u>ثانياً</u> : العديد من الناس الذين يضيفون قدسية ومهابة على جهاز أو معدة مستوردة وفي المقابل الاستهانة بكل ما هو محلي أو ممكن تصنيعه وتركيبه محلياً ، فلابد أن يكون للجهاز كتالوج بلغة أجنبية ولابد لخبير أجنبي أن يقول أن هذا هو أحدث جهاز ومضمون نجاحه في العمل المخصص لأدائه ، وأن أي فشل أو إخفاق يرجع للعاملين على الجهاز أو مستخدمي هذه التكنولوجيا.

<u>ثالثاً</u> : وهو الأخطر لأن مافيا المصالح التي ربطت مصالحها بالشركات الموردة بالخارج هي التي تحارب بكل شراسة لوأد أي تكنولوجيا محلية وتدفع السوق دفعاً للإعتماد كلياً على كل ما هو مستورد مما أدى إلى إضعاف القدرات المحلية على التطوير وجعلت كل مسئول يبحث عن الحلول الأجنبية تحت مسميات مختلفة من إتفاقيات تعاون وشراكه واستشارة وخلافه. ومع أن التجارب العديدة والواقعية على مدى أكثر من خمسون عاماً في مصر أفادت عدم نجاح هذا الأسلوب ، فكم من المشاريع الخدمية أو الإنتاجية تعثرت بعد أن قمنا باستيراد تقنيات غربية للتنفيذ ثم نفاجأ بأنها غير مناسبة لظروفنا وبها العديد من المشاكل التي تنعدم معها الجدوى الاقتصادية للمشروع فيتوقف ويفشل ويبحث كل

طرف عن شماعة يعلق عليها فشله والخاسر الوحيد في هذه الحالة هي مصر والذي يدفع ثمن هذه الخسائر شعب مصر.

والأمثلة كثيرة وعديدة سوف أسوق بعضها في مقال آخر وقبل أن يحاول أي حاقد أن يلبسني ثوب المعارض لأي فكر جديد حتى يصرف أنظار الناس عن أفكاري سأعرض في هذا المقال تقنية غربية قديمة منذ (٥٠ عاماً) تم تجربتها في البلاد المتقدمة على مقياس تجريبي فقط كنوع من الرفاهية العلمية ونظراً لارتفاع تكلفتها فهي غير مجدية اقتصادياً مما أدى إلى توقف هذه المشاريع التجريبية في بلادها ، ومنذ عشر سنوات قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بإنشاء مشروع تعاون علمي بين الدول النامية ومنها مصر وبعض البلاد العربية للتسويق لهذه التقنية وهي استخدام مصدر إشعاعي (جامي أو الكتروني) في تعقيم مياه المجاري أو الحمأة والهدف الخبيث وراء ذلك هو تسويق المصادر الإشعاعية القديمة التي تم إستخدامها في تجارب سابقة بالدول المتقدمة على مدى الـــ (٥٠ عاماً) وطبعاً صغار البحاث الذين اشتركوا في هذا المشروع فرحوا بفرص السفر المتتالية للخارج لحضور الاجتماعات على مدار عشر سنوات والتي إنتهت إلى لا شئ اللهم إلا تكرار وترديد ما تقوله النتائج السابقة والمنشورة في شبكة المعلومات ، ونظراً لأن هؤلاء الباحثين اصحاب مصلحة في الاستمرار فإنهم الآن يضغطون على حكوماتهم وعلى المنظمات الأخرى مثل هيئة الطاقة الذرية المصرية والعربية لتطبيق هذه التقنية ، وسوف أناقش بأسلوب علمي خالي من التحيز أو التعصب هذا الموضوع فيما يلي :

أولاً : كيف يتم معالجة مياه المجاري ؟ وما هي الطرق البديلة وكفاءتها تحت ظروف مصر ؟ تخضع مياه المجاري لعدد من المعالجات المختلفة التي تهدف جميعها إلى خفض محتواها من

المواد الملوثة إلى الحدود المسموح بها محلياً وعالمياً وسوف نتكلم هنا باختصار شديد عن المعالجات والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل :

١) معالجة أولية : تجري بهدف التخلص من المواد الصلبة الطافية والعالقة بالمياه.

٢) معالجة ثانوية : تجري بهدف التخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي.

٣) معالجة ثلاثية أو متقدمة : تجري بهدف التخلص من المواد الغير قابلة للتحلل البيولوجي والمواد السامة ، وبعض المواد الغير عضوية (فوسفور – أمونيا – نترات وغيرها) وقتل الميكروبات والكائنات المسببة للأمراض ، كما سبق لنا شرح الطرق المستخدمة في مثل هذه المعالجات ، ولتفاصيل أكثر يمكن الرجوع إلى مقالنا السابق ومؤلفنا الذي كان بإسم (تلوث البيئة وصحة الإنسان ٢٠٠٠) ، وإلى تقرير الكود المصري باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة (يوليو ٢٠٠٤) ، وطرق المعالجة الحديثة يجب أن تأخذ كذلك في الإعتبار التخلص النهائي من المواد الملوثة المذابة من المياه علاوة على البكتريا والفيروسات في المياه الناتجة.

ويجب أن تستخدم طرق رخيصة وفعَّالة لمعالجة مياه المجاري قبل تصريفها في المياه المستقبلة لها أو إعادة إستخدامها ، والغرض من معالج مياه المجاري هذه أساساً الإقلال من كميات المواد الصلبة المعلقة ، والقضاء على البكتريا المرضية والمواد المستهلكة للأكسجين في المياه العادمة ، وبالرغم من تطور تقنيات معاملة المياه العادمة إلا أنه مازالت هناك حاجة ملحة غلى طرق تزيل

كميات أكبر من الملوثات كالمواد غير العضوية الذائبة (مثل أملاح المعادن الثقيلة وأملاح الصوديوم والمنجنيز).

ما هي الأسس التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند إختيار طريقة المعالجة ؟

يعتمد إختيار طريقة المعالجة على مجموعة من العوامل التي سوف يتم دراستها وهي كالتالي :

١)عدد السكان المخدومين.
٢)كمية ونوعية مياه الصرف الصحي وهل هي مياه صرف صحي فقط أم مياه صرف صحي مخلوطة بمياه صرف صناعي.
٣)تصرف المخلفات السائلة الصناعية بالنسبة للتصرفات في شبكة الصرف.
٤)أسلوب التخلص من المياه المعالجة والحمأة.
٥)مدى الاحتياج لإعادة إستخدام المياه المعالجة والحمأة الناتجة في الزراعة والري.
٦)حماية الأراضي والمياه القديمة والمالحة في الأنهار والبحار.
٧)مدى الحاجة لحماية البيئة المحلية.
٨)الحصول على خواص معينة للمياه المعالجة.
٩)العوامل المناخية ، درجة الحرارة ، سطوع الشمس ، سقوط الأمطار والرياح.
١٠) تكاليف الأرض.
١١) مدى توافر العمالة الماهرة للتشغيل والصيانة وتكاليفها.
١٢) مدى مطابقة الشروط الصحية.
١٣) الأمان والمعرفة لطريقة المعالجة.
١٤) مدى توافر الإعتمادات المالية.

ما هي الشروط الفنية الواجب مراعاتها في إختيار النظم العامة للمعالجة ؟

هناك بعض الأسس المقترح مراعاتها عند إختيار السلوب المناسب للمعالجة ومنها :

١) مراعاة النواحي الهندسية والبيئية شاملة تفاصيل التنفيذ والتشغيل مع الربط بين أجزاء مراحل تشغيل وحدات المعالجة للحصول على نظام إقتصادي مناسب.
٢) أن يكون التصميم على أقصى أحمال يومية.
٣) مراجعة أسس التصميم لكل وحدة معالجة للتأكد من أن مقاساتها في الحدود المقبولة.
٤) لابد من دراسة تحليلية اقتصادية قبل إختيار نظام المعالجة شاملة رأس المال وتكاليف التشغيل والصيانة ومدى تأثير النظام على الطرق الأخرى.
٥) مراعاة الاقتصاد في التنفيذ والإنشاء والتشطيبات المعمارية.
٦) التشغيل المركزي لأعمال المعالجة.
٧) الحصول على أفضل عدد وحجم للمعدات المستعملة.

إختيار أنسب طرق المعالجة البيولوجية التي تناسب الظروف في مصر هي :

١) الوحدات النقالي.
٢) طريقة الحمأة المنشطة.
٣) المرشحات الزلطية.
٤) طريقة الحمأة بالتهوية الممتدة مثل نظام قنوات الأكسدة.
٥) البرك المهواه.

٦) برك التثبيت (الأكسدة) الطبيعية تحتوي على خزان لاهوائي.
٧) برك التثبيت (الأكسدة) الطبيعية لا تحتوي على خزان لاهوائي.

وهناك العديد من الطرق لم تذكر هنا حيث أن الطرق التي تم ذكرها هي طرق يمكن استخدامها في مصر حيث أنها تلائم التصرفات المتاحة ومدى تلوث البيئة والمناخ السائد وحتى يكون الاختيار صحيحاً سوف يتم عمل مقارنة بين هذه الطرق من حيث :

١) قدرة المحطة على إزالة المواد العضوية (BOD_5).
٢) قدرة المحطة على إزالة الميكروبات المسببة للأمراض.
٣) قدرة المحطة على إزالة المواد الصلبة العالقة (S.S).
٤) قدرة المحطة على إزالة الديدان المعوية.
٥) قدرة المحطة على إزالة الفيروسات.
٦) إمكانية إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.
٧) إمكانية الإستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة في ري الأشجار والمزروعات وتربية الأسماك.
٨) طريقة الإنشاء بتكلفة بسيطة.
٩) مساحة الأرض المطلوبة للإنشاء.
١٠) تكلفة وسهولة التشغيل.
١١) تكلفة الطاقة المطلوبة لإدارة المحطة.
١٢) تقليل كمية الحمأة المطلوب إزالتها وكذلك معالجاتها.

والجدول رقم (٢٨) يوضح المقارنة بين الطرق المختلفة لمعالجة المخلفات السائلة ومدى كفائتها في التخلص من الملوثات المختلفة ، ويتضح تفوق طرق برك الأكسدة والمعالجة بالحمأة المنشطة في التخلص من البكتريا الممرضة والفيروسات والطفيليات وخفض BOD_5 وهذه الطرق تطبق بنجاح في مصر.

وتؤدى جميع هذه العمليات إلى خفض كبير في تركيز المواد العضوية في الفضلات السائلة كما يتضح من الجدول رقم (٢٨).

ما هي التصرفات الحالية والمتوقعة لمياه الصرف الصحي في مصر ؟ يوضح الجدول رقم (٢٩) تصرفات محطات معالجة مياه الصرف الصحي حالياً والتي يمكن الإستفادة من مياهها المعالجة لأغراض الزراعة كما يوضح التصرفات المتوقعة بعد الإنتهاء من المشروعات الجاري تنفيذها والتوسعات المستقبلية.

الجدول رقم (٢٨) : يوضح المقارنات بين أنظمة المعالجة المختلفة.

المعالجة / الصفة	برك التثبيت بالأكسدة الطبيعية تحتوي على خزان لاهوائي	برك التثبيت بالأكسدة الطبيعية بدون خزان لاهوائي	برك الأكسدة المهواة	معالجة بالحمأة المنشطة بالتهوية الممتدة نظام قنوات الأكسدة	معالجة بالحمأة المنشطة بالتهوية الممتدة	معالجة بالمرشحات الزلطية أو البيوفلتر	معالجة بالحمأة المنشطة (التقليدية)
قدرة المحطة على إزالة BOD_5	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز
قدرة المحطة على إزالة البكتريا المسببة للأمراض	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز باستخدام الكلور	ممتاز باستخدام الكلور	ممتاز باستخدام الكلور بكميات كبيرة	ممتاز باستخدام الكلور
قدرة المحطة على إزالة S.S	جيدة	جيدة	جيدة	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز
قدرة المحطة على إزالة الديدان المعوية	ممتاز	ممتاز	ممتاز	متوسطة	متوسطة	ضعيفة	متوسطة
قدرة المحطة على إزالة الفيروسات	ممتاز	ممتاز	ممتاز	متوسطة	متوسطة	ضعيفة	متوسطة
إمكانية إعادة استخدام مياه المجاري المعالجة	ممتاز	ممتاز	ممتاز	جيد جدا	ضعيفة	ضعيفة	ضعيفة
طريقة إنشاء تكلفة بسيطة	ممتاز	ممتاز	ممتاز	متوسطة	متوسطة	ضعيفة	ضعيفة
تكلفة الصيانة وسهولة التشغيل	قليلة جدا	قليلة جدا	قليلة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	عالية
تكلفة الطاقة المطلوبة لإدارة المحطة	قليلة جدا	قليلة جدا	عالية	متوسطة	متوسطة	متوسطة	عالية
مساحة الأرض المطلوبة	كبيرة جدا	كبيرة جدا	متوسطة	صغيرة	صغيرة	متوسطة	صغيرة
تكلفة الحمأة المطلوب إزالتها	قليلة جدا	قليلة جدا	قليلة	متوسطة	متوسطة	كبيرة	كبيرة
إمكانية الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة في تربية الأسماك	ممتازة	ممتازة	ممتازة	ضعيفة	ضعيفة	ضعيفة	ضعيفة

جدول رقم (٢٩) : تصرفات محطات معالجة مياه الصرف الصحي القائمة حالياً في بعض محافظات مصر.

	إجمالي التصرفات ألف م٣/يوم	
المحافظة	مشروعات منفذة	مشروعات جاري تنفيذها
دمياط	٢١٥	١٢٧
كفر الشيخ	١٥٨	١٨٥
الدقهلية	٤٧٥	١٣٨
الشرقية	٣٧٢	١٣٨
القليوبية	٢١٧	٢٩٠
المنوفية	٢٧١	٢٠٥
١٥٦	١٦١	١٥٦
١٦١	٤٠٥	١٦٦
مدن القناة(الإسماعيلية – السويس)	٥٠٥	٤٧٥
بور سعيد	–	–
الجيزة	٦٠	٦٠
الفيوم	١٣٢	٩٢
بني سويف	١١٠	١٠
المنيا	١٨٢	١٦٢
سوهاج	٣٠٠	٢٧٨
قنا	١٩٢	١٧٩
أسيوط	٢٤٥	١٨٥
أسوان	٧٨	٣٥
البحر الأحمر	٦٠	٦٠
مطروح	٤٠	٢٥

وقد سبق أن تكلمنا في الفصل الثاني عن تصرفات محطات الجبل الأصفر وأبو رواش وزينين وباقي ستة محطات لمحافظة القاهرة.

والسؤال الذي يطرح نفسه الآن هل هناك حاجة لتعقيم مياه المجاري المعالجة ؟

من المعروف أن مياه الصرف الصحي تحتوي على أغلب طوائف الميكروبات والمسببات المرضية المعروفة ، مثل الميكروبات المسببة لحمى التيفود والنزلات المعوية والدوسنتاريا وأمراض الجهاز التنفسي ، وجميع الأمراض المتوطنة مثل البلهارسيا والأسكارس وغيرها. وتتراوح نسب وجودها بين ١٠ ° خلية في كل لتر إلى ١٠ ^٧ أو أكثر في اللتر ، وعمليات المعالجة التقليدية يمكنها تخفيض المحتوى الميكروبي بنسب عالية تتراوح بين ٩٠-٩٩% ، ولكن الأمور لا تقاس بهذه النسب ، فهي تعطي إنطباعاً خاطئاً وتضلل القارئ ، فمثلاً إذا كانت هناك مياه ذات محتوى ميكروبي يبلغ ١٠ ^٧ ميكروب في اللتر ، فإن تخفيضاً مقداره ٩٩% منها يعني أن الباقي في المياه لا يزال ١٠ ° ميكروب في اللتر ، وهو رقم مرتفع للغاية ، ويعتبر مصدر خطر حقيقي ، لذا فمن الأفضل والأدق إتباع طرق إستخدام التركيز عن إتباع طريقة النسبة المئوية في وصف المحتوى الميكروبي ، وعند إعادة إستخدام مياه المجاري " المعالجة " في الري ، فإن العديد من المسببات المرضية يستمر نشاطها وتستمر حياتها عدة أسابيع ، وقد تستمر في بعض الأحيان – مثل بيض الأسكارس وبعض أنواع الجراثيم إلى أكثر من عام كامل في التربة ، وعلى الرغم من أن مدة بقاء المسببات المرضية في المحاصيل تعتبر قصيرة ، إلا أنها قد تمتد عدة أيام ، بل وعدة أسابيع في حالة الزراعات المحمية وزراعات الخضروات ، ولا يتوقف إنتشار المسببات المرضية في التربة فقط ، بل يمتد إلى المحاصيل ذاتها ليظهر في أسواق الإستهلاك.

ومن الأمثلة المشهورة التي تؤكد خطر إستخدام الصرف الصحي – دون تخفيض للمخاطر الصحية – في الري والزراعة ما

حدث في صيف ١٩٧٠ في القدس عندما إنتشرت الكوليرا وأصبحت ظاهرة وبائية ، ومنذ ظهورها فقد تم إكتشاف ٢٥٠ حالة كوليرا خلال ستة أسابيع فقط منذ ظهورها ، وعند فحص مياه الشرب وجد أنها آمنة وخالية من أي أثر للميكروب المسبب للمرض ، ولكن فحص المحاصيل الخضرية التي تم ريها بمياه الصرف الصحي (غير مطابقة للمواصفات المعمول بها هنالك) وجد أنها السبب المرجح في عمليات الإنتشار السريعة للكوليرا التي قدمت إلى البلد بشكل فردي من الخارج ، وبدأت الانتشار من خلال مياه الصرف الصحي إلى الخضروات في المنطقة التي انتشر فيها الوباء ، كما أظهرت الإختبارات على عينات من التربة وجود ميكروب الكوليرا ، وعند فحص عينات من الخضروات التي تمت زراعتها على مياه الصرف الصحي وجد أنها ميكروب الكوليرا.

وإذا كانت إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي بالطريقة غير السليمة التي تمت في القدس هي السبب في إنتشار الكوليرا وتحولها إلى وباء ، فإن الإستخدام غير السليم وغير الآمن لمياه الصرف الصحي له أخطاره على العاملين الزراعيين في الأراضي التي يتم ريها بمياه الصرف الصحي غير الآمنة ، فقد لوحظ في الهند إنتشار الانكلستوما والأمراض المعوية المختلفة بين العاملين الزراعيين في المزارع التي تروي بمياه صرف صحي آمنة ، وقد كان لعادة السير بدون أحذية دورها الهام في توسع وإنتشار تلك الأمراض الطفيلية بين العمال.

وعند إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي – دون تخفيض لمخاطرها الصحية – في الأعشاب في المناطق الشعبية الصالحة لتربية الماشية والرعي بوجه عام ، فإن عدداً من المشاكل الصحية تطل برؤسها من جراء هذا الاستخدام غير السليم ، فقد حدث في الدانمارك عام ١٩٥٢ إنتشار لمرض المارة الحيوانية بين قطعان

الماشية التي كانت ترعى على عشب تم ريه بمياه صرف صحي غير معالجة صحياً ، ومعروف أن بعض الأمراض التي تصيب الحيوان تؤثر على الإنسان المستهلك لمنتجات الحيوان المريض ، هذا بالإضافة إلى الآثار الاقتصادية الضارة على الثروة الحيوانية.

وعند إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي دون معالجة في مزارع تربية الأسماك ، ظهر أيضاً العديد من المخاطر الصحية ، فمن الزاوية الميكروبيولوجية هناك أمران مرتبطان تمام الإرتباط ، أحدهما إمكانية إنتقال مسببات المرض خلال جلود الأسماك وقشورها إلى داخل مطابخ المستهلكين ، والثاني عندما يستوطن مرض من الأمراض المتوطنة يحتاج إلى القواقع لتقوم بدور العائل الوسيط ، فوجود تلك القواقع يؤدي إلى إنتقال التلوث إلى الإنسان وإصابته بالمرض.

وبالتالي فإن إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي دون معالجة صحية هو أمر شديد الخطورة على الصحة العامة ، وبالتالي على المجتمع ككل ، وفي نفس الوقت فإن التخلص من مياه الصرف الصحي دون أي شكل من أشكال الإستفادة منها يعتبر تبديداً لموارد هامة ، فمياه الصرف الصحي تحتوي على العديد من العناصر الغذائية الصالحة والمناسبة في الزراعة ، ويمكن في حالة إستخدامها تحسين الإنتاجية الزراعية أو توفير بعض الأسمدة ، أو الإثنين معاً .

وهناك طوائف عديدة من الفيروسات تسبب الأمراض للإنسان والحيوان والنبات ، ومن أبرز تلك الطوائف فيروسات الجهاز الهضمي ، وهي تصيب الإنسان بالعدوى المرضية وتخرج من البراز ، وتعود فتصيب الإنسان عن طريق التنفس أو الفم ، إن جراماً واحداً من براز الإنسان يحتوي على $١٠^{٩}$ من الفيروسات

المعوية ، بعضها يصيب الإنسان بالأمراض ، وهذه الفيروسات لا تستطيع التكاثر إلا في خلايا مناسبة ، لكنها يمكنها البقاء بمفردها دون عائل مناسب لعدة أسابيع عديدة في البيئة ، خاصة إذا كانت درجة الحرارة أقل من ١٥ درجة مئوية.

وعند قياس تركيزات الفيروسات المعوية في مياه الصرف الصحي الخام ، وجد أنها تبلغ حوالي ١٠ فيروس معوي لكل لتر من مياه الصرف الصحي ، هذا وقد تم فصل العديد من الفيروسات المسببة للأمراض من تربة تعرضت للبراز الآدمي.

ويمكن تقسيم الفيروسات التي تخرج من البراز وتسبب أمراضاً للإنسان إلى عدة أنواع والجدول رقم (٣٠) يوضح أنواع الفيروسات المعدية وآثارها على الإنسان ، وحالات شلل الأطفال التي يسببها البوليوفيروس لا تظهر فيها أمراض مرضية كاملة ، وفي بعض الحالات تظهر العدوى في صورة أعراضاً شبيهة بأعراض الأنفلونزا أو الالتهاب السحائي أو الشلل الكامل ، غالباً ما تنتهي بإعاقة دائمة وأحياناً بالموت ، وقد وجد أن شلل الأطفال في العالم كله يحدث بنسبة ١ : ١٠٠٠ حالة من الإصابة بالفيروس ، ومعظم الحالات المصابة بالشلل تنتمي إلى الدول النامية.

وتسبب فيروسات الأسكو والكوكسالي أمراضاً عديدة مصحوبة بأعراض متنوعة ، بدءاً من الحمى البسيطة الإلتهاب السحائي وأمراض التنفس والشلل ، وإنتهاءاً بأمراض القلب. كما أن فيروسات الروتا وجدت في براز عدد كبير من الأطفال المصابين بالإسهال ، وهي تمثل مجموعة مهمة من الفيروسات المعوية ، وتعتبر دورها في حدوث الأمراض غير محدد ولكنها مسئولة عن نسبة كبيرة من الإسهال بين الأطفال.

أما فيروس الإلتهاب الكبدي (أ) فهو يؤدي إلى ظهور الصفراء ، ولكن عادة لا تظهر له أعراض ، خصوصاً في صغار الأطفال.

جدول رقم (٣٠) : يوضح أهم مجموعات الفيروسات التي يمكن أن تتواجد في مياه الصرف الصحي.

مجموعة الفيروسات	الأمراض التي تسببها
فيروسات الغدد (أدينوفيروس)	أمراض الجهاز التنفسي وإلتهاب العين
الفيروسات المعوية فيروس شلل الأطفال الأيكوفيروس الكوكساكي فيروس	شلل الأطفال ، الشلل ، أمراض أخرى الإلتهاب سحائي ، إسهال ، أمراض جهاز تنفسي الإلتهاب سحائي ، إسهال
فيروس الإلتهاب الكبدي	مرض الصفراء أو الإلتهاب الكبدي
الروتافيروس وأنواع أخرى	الإسهال

ويوضح جدول رقم (٣١) : الأنواع الرئيسية للمسببات البكتيرية للأمراض الموجودة في مياه الصرف الصحي والأمراض التي تصيب الإنسان بها.

جدول رقم (٣١) : يوضح أهم مجموعات البكتريا المسببة للأمراض والتي يمكن تواجدها في مياه الصرف الصحي.

مجموعة البكتريا	الأمراض التي تسببها
مجموعة القولون المرضية	الإسهال
مجموعة السالمونيلا سالمونيلا التيفي سالمونيلا الباراتيفي	حمى التيفور حمى الباراتيفور التسمم الغذائي والدوسنتاريا الباسيلية
مجموعة الشيجيلا أنواع أخرى	دوسنتاريا الإسهال
بكتريا القولون E. Coli	الإسهال
أنواع أخرى	الكوليرا

وهناك أنواع عديدة من البروتوزوا تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان من أبرزها الدوسنتاريا والملاريا وغيرها. والجدول رقم (٣٢) يبرز الأنواع المختلفة من البروتوزوا والأمراض التي تسببها للإنسان والموجودة في المجاري.

جدول رقم (٣٢) : يوضح أهم الكائنات الحيوانية وحيدة الخلية (البرتوزوا) التي يمكن تواجدها في مياه الصرف الصحي.

نوع الكائن وحيد الخلية	الأمراض التي تسببها
البالنتيديوم كولاي	الإسهال – الدوسنتاريا – قرحة الأمعاء
الإنتاميبا هيستوليتيكا	قرحة الأمعاء – الدوسنتاريا الأميبية – خراج الكبد
الجبارديا لامبليا	الإسهال – سوء الهضم

***) الديدان الطفيلية :**

هناك عديد من الديدان الطفيلية تعتمد على الإنسان كعائل أساسي لها ، وبعض هذه الديدان تصيب الإنسان بأمراض متباينة في خطورتها.

ومن أخطر هذه الديدان الطفيلية دودة البلهارسيا ، ومنها نوع يخرج فيه البيض مع البول ، والنوع الآخر يخرج فيه البيض مع البراز.

جدول رقم (٣٣) : أهم الديدان الطفيلية التي يمكن تواجدها في مياه الصرف الصحي.

نوع الدودة الطفيلية	الإسم الشائع	المرض الذي تسببه	دورة الإنتقال
انكلستوما الإثنى عشر	الانكلستوما	الإنكلستوما	الإنسان – التربة – الإنسان
الإسكارس الخرطومية	ثعبان البطن	الضسكارس	الإنسان – التربة – النبات
الدودة الدبوسية	الدبوسية	الدبوسية	الإنسان – الإنسان
التنياساجيناتا	الدودة الشريطية	الشريطيات	الإنسان – البقرة – الإنسان
التيلسوليم	الدودة الوحيدة	الشريطيات	الإنسان – الخنزير – الإنسان
الترايكيورس ترايكيورا	الدودة السوطية	السوطيات	الإنسان – التربة – الإنسان
النمتوسوما	دودة البلهارسيا	البلهارسيا	الإنسان – القوقع – المياه – الإنسان

*) مدة إستمرار تأثير المسببات المرضية :

منذ خروج المسببات المرضية مع فضلات الإنسان تبدأ أعداد الكائنات المسببة للأمراض (المسببات المرضية) في الإنخفاض نتيجة للموت أو للمنافسة بين بعضها البعض على الغذاء أو لغير ذلك من الأسباب وتبدأ الفيروسات والبروتوزوا في الإنخفاض مباشرة أما البكتريا فقد يحدث لها أحياناً زيادة في العدد والتركيز عندما لا تكون هناك منافسة على غذائها ، وأيضاً عندما يكون الوسط مناسباً من أغلب الوجوه.

ويوضح جدول رقم (٣٤) مدد إستمرار تأثير المسببات المرضية في المياه النقية ومياه الصرف الصحي أيضاً ومن الواضح أن مدة إستمرار تأثير البروتوزوا هي أقل مدة لإستمرار تأثير المسببات المرضية تقريباً ، فمدة بقاء الانتاميبا هيستولوتيكا لا تزيد عن عشرين يوماً في مياه الصرف الصحي ، أما أكثر تلك المسببات قدرة على البقاء والحفاظ على فاعليته فهو بيض الإسكارس.

جدول رقم (٣٤) : يوضح مدد بقاء بعض المسببات المرضية في كل من الماء النقي ومياه الصرف الصحي.

نوع المسبب المرضي	مدة البقاء في الماء النقي أو مياه الصرف الصحي
الفيروسات	تصل إلى ١٢٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٥٠ يوماً
البكتريا:	
مجموعة القولون	تصل إلى ٦٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٣٠ يوماً
السالمونيلا	تصل إلى ٦٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٣٠ يوماً
الشيحلا	تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٠ يوماً
الكوليرا	تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٠ يوماً
البروتوزوا من النوع الأنتاميبا هيستولوتيكا	تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٥ يوماً
بيض الإسكارس	عدة أشهر

الجدول رقم (٣٥): نسبة إزالة الكائنات الدقيقة عن طريق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي.

الوسيط المعدي	نسبة الإزالة عن طريق	نسبة الإزالة للوسيط المعدي المتبقي عن طريق المعالجات الثانوية	
		الحمأة المنشطة (%)	المرشحات الزلطية (%)
فيكال كوليفورم(*)	<١٠	٠-٩٩	٨٥-٩٩
سلمونيلا	٠-١٥	٧٠-٩٩	٨٥-٩٩
بكتيريا السل الرئوي	٤٠-٦٠	٥-٩٠	٦٥-٩٩
الشيجلا	١٥	٨٠-٩٠	٨٥-٩٩
انتاميبا هوستلوتيكا	٠-٥٠	محدودة	محدودة
بويضات الديدان	٥٠-٩٨	محدودة	٦٠-٧٥
الفيروسات المعوية	محدودة	٩٩-٧٥	٠-٨٥

(*) تحتوي مياه الصرف الصحي الخام على أعداد حوالي ٨×١٠^٦ وحدة لكل ١٠٠ ملليلتر.

طرق إزالة الميكروبات عند معالجة مياه الصرف الصحي :

والتطهير disinfection هو أهم عملية للقضاء على الكائنات الدقيقة الممرضة في مياه الصرف الصحي وتتم بعد المعالجة الثانوية في معظم الحالات.

وعلى مستوى جمهورية مصر العربية فإن الكلور هي المادة الأكثر شيوعاً في الإستخدام في عملية التطهير سواء لمياه الشرب أو مياه الصرف الصحي المعالجة وعلى الرغم من أن الأوزونه والأشعة الفوق بنفسيجية تستخدم عالمياً في تعقيم مياه الصرف الصحي المعالجة إلا أنها لم تستخدم في هذا المجال في مصر.

وقد نصت المادة الخامسة من اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجاري المائية :

" على أنه يجب تعقيم المخلفات بعد المعالجة وقبل صرفها إلى مجاري المياه العذبة ويفضل الأوزون وفي حالة إستخدام الكلور ومشتقاته يجب ألا يقل الكلور المتبقى بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٥ر٠ مليجرام/لتر ولا يزيد عن ١ مليجرام/لتر ".

كما نصت المادة رقم ٦٧ من ذات اللائحة " على أنه في حالة صرف مياه الصرف الصحي أو مخلفات صناعية سائلة مختلطة بمياه الصرف الصحي إلى مسطحات المياه الغير عذبة يجب بناء على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكلور لتطهيرها قبل صرفها بحيث لا يقل الكلور المتبقى بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٥ر٠ مليجرام/لتر وبحيث تكون أجهزة ومواد التطهير متوفرة وجاهزة للعمل بصفة مستمرة لإنجاز هذه المعالجة عند طلب إجرائها".

ومن أهم العوامل لتقييم جدوى البدائل المستخدمة في عملية تظهير المياه ما يلي :

*) الكفاءة في التخلص من الكائنات الممرضة.
*) التكلفة الإنشائية.
*) التكلفة الدورية للتشغيل والصيانة.
*) سهولة تداول المادة وتخزينها.
*) طرق الإضافة والتحكم والأمان.
*) التأثيرات المضادة المحتملة والأخطار التي قد تتعرض لها الأحياء المائية أو الإنسان نتيجة تكوين مواد سامة أو مسرطنة.

<u>المواد المستخدمة في تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة</u> :

<u>أولاً : الكلور</u> :

يتم تعبئة غاز الكلور المسيل في اسطوانات تحت ضغط عال ويتم تخزينها في مواقع محطات المعالجة مع إتخاذ كافة إحتياطات الأمان اللازمة والكمية المخزنة لا يجب أن تزيد عن إحتياج المحطة لمدة شهر واحد.

تتأثير جرعة الكلور المستخدمة في تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة للمستوى المطلوب بصورة كبيرة على المكونات الموجودة بمياه الصرف الصحي فوجود المكونات العضوية يستهلك نسبة من جزئيات مادة التطهير وهذا يحمي جزئيات الكائنات الدقيقة المراد التخلص منها من تأثير المادة المطهرة.

وتتفاعل الأمونيا بمياه الصرف الصحي مع الكلور لتكون الكلورامين والذي يعتبر نوع من المطهرات أقل كفاءة من الكلور الحر.

وعمليات جرعة الكلور المضاف تحدد من الخبرة استناداً إلى كمية الكلور المتبقي المطلوبة ومواصفات المياه المعالجة المطلوبة والكلور الذي يعتبر في تركيزاته المنخفضة سام لعديد من الكائنات المائية يمكن التحكم فيه بسهولة في مياه الإستصلاح عن طريق عملية إزالة الكلور باستخدام ثاني أكسيد الكبريت.

وفيما يلي جرعة الكلور المستخدمة حسب درجة المعالجة.

نوع المعالجة	جرعة الكلور من الخبرة العملية
المعالجة الإبتدائية	من ١٨-٢٤ ملليجرام/لتر
المعالجة الثانوية	من ٨-١٢ ملليجرام/لتر

وتعتمد كفاءة عملية الكلوره على درجة حرارة المياه والأس الهيدروجيني ودرجة الخلط ومدة التفاعل ووجود مواد أخرى قد تدخل في التفاعل وتركيز الكلور وطبيعة وتركيز الكائنات الصغيرة المراد القضاء عليها وعادة فإن البكتريا أقل مقاومة للكلور من الفيروسات والفيروسات بدورها أقل مقاومة للكلور من الطفيليات وبويضات الديدان ويجب تحديد جرعة الكلور المضافة بدقة تجنباً لتفاعل الكلور مع المواد العضوية مكوناً مواد مسرطنة أو سامة.

<u>ثانياً : هيبوكلوريت الصوديوم</u> :

يوجد في صورة محلول بتركيز حوالي ٣% وعليه ترتفع تكلفة نقله وتخزينه بالإضافة غلى قابليته للتحلل عند تحضيره لتركيزات مرتفعة ويتأثر هيبوكلوريت الصوديوم بالتعرض للضوء والحرارة ، لذا يجب تخزينه بمواقع باردة وخزانات مقاومة للتآكل ولا يستخدم محلول هيبوكلوريت الصوديوم في تطهيره مياه الصرف الصحي في مصر على الرغم من أنه لا يحتاج لاحتياطات أمان في نقله وتخزينه بمواقع المحطات.

ثالثاً : الأوزون :

الأوزون (O_3) وسيط مطهر قوي للغاية ومؤكسد كيمائي قوي في كل من التفاعلات العضوية والغير عضوية ونظراً لعدم إتزان غاز الأوزون في الطبيعة فيجب توليده في الموقع من الهواء أو حاويات غاز الأكسجين.

ويدمر الأوزون البكتريا والفيروسات عن طريق الأكسدة السريعة لكتل البروتين ويحدث تطهير المياه في دقائق معدودة.

ومن عيوب إستخدام الأوزون في التطهير إرتفاع التكلفة وإستهلاك الطاقة ويعتبر نظام التطهير بالأوزون أكثر تعقيداً في التشغيل والصيانة من نظام الكلوره كما أنه لا يكون له أثر متبقى في المياه المعالجة.

والأوزون ذو كفاءة عالية كمطهر في المحطات التي تستخدم مستويات المعالجة المتقدمة حيث يزيل اللون تماماً ويزيد من الأكسجين المذاب في المياه المعالجة.

رابعاً : الأشعة فوق البنفسجية : (UV)

الأشعة فوق البنفسيجية هي وسيط فيزيائي مطهر ولها إشعاع بطول موجي قدرة ٢٥٤ نانوميتر حيث تخترق الأشعة جدار الخلايا ويتم إمتصاصها بواسطو الحامض النووي للخلايا الأمر الذي يمنع إنقسام الخلايا ويتسبب في موتها.

وتلقى الأشعة الفوق بنفسجية إهتماماً متزايداً كمطهر للمياه المعالجة التي تستخدم في الزراعة لأنها في بعض الأحيان تكون أقل تكلفة من التطهير بالكلور بالإضافة غلى أنها أكثر أماناً في

الإستخدام والتداول من غاز الكلور ولا تسبب في تكوين هيدروكربونات مكلوره كما يحدث في حالة التطهير باستخدام الكلور.

وتستخدم الأشعة الفوق بنفسجية في تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة على نطاق واسع عالمياً وخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية.

ويوضح الجدول رقم (٣٦) : كفاءة التخلص من الكوليفورم البرازي باستخدام جرعات مختلفة من الأشعة الفوق بنفسجية.

جدول رقم (٣٦) : يوضح كفاءة التخلص من الكوليفورم البرازي باستخدام جرعات مختلفة من الأشعة الفوق بنفسجية.

الجرعات بالميكروووات ثانية/سم^{2}	محتوى الكوليفوم البرازي
٦٠	٢٣ وحدة لكل ١٠٠ ملليلتر
٩٧	٢ر٢ وحدة لكل ١٠٠ ملليلتر

والآن لماذا فكرت الدول المتقدمة في تجربة إستخدام أسلوب التعقيم باستخدام الإشعاع؟ طبعاً وبكل بساطة لعدة أسباب نوردها فيما يلي:

١) عدم توافر ساعات سطوع الشمس الكافية أغلب أيام السنة وبالتالي توقف أو بطء العمليات البيولوجية بل وتنخفض كفاءتها كثيراً خاصة مع إنخفاض درجات الحرارة وظروف تجمد المياه وبالتالي يتعذر إتمام المعالجات السابقة الإشارة إليها.

٢) سقوط الأمطار بغزارة موسمياً والجريان السطحي في الوديان لا يسمح بتوفير أراضي كافية لعمليات المعالجة مثل برك الأكسدة والتهوية وعدم توافر الأراضي التي يمكن تخصيصها لمثل هذه المعالجات.

٣) معظم هذه البلدان متقدم نووياً وشركات القطاع الخاص تقوم بتصنيع وتركيب هذه المنشآت النووية مثل المفاعلات النووية والمنتجة للمصادر الإشعاعية المستخدمة في التعقيم على الخصوص ^{60}Co والـ ^{137}Cs ومثل إنتاج المسارعات ووحدات إنتاج التيار الإلكتروني .. وخلافه أي أنهم يملكون التقنية وتقدير على تعديل أو صيانة وزيادة إمكانياتها ولديهم الميزانيات الكافية للتشغيل والصيانة ولن يخضعوا لشروط إستيراد ورقابة دولية عليهم.

٤) إن المياه المعالجة في معظم الأحيان يعاد ضخها في خزانات جوفية مخصصة ، ولابد من ضمان عدم تلوث هذه الخزانات ولا يخفي علينا أنهم يعتمدون على المياه الجوفية كمصدر رئيسي لمياه الشرب ، وهناك قيود ومعايير صارمة بيئية على كل خطوات المعالجة أو التصرف في هذه الكميات الهائلة من المياه.

٥) نجاح أسلوب إستخدام الإشعاع في تعقيم الأغذية والمواد الطبية والأدوية وعلى مقياس صناعي وتجاري ، وتختلف الجرعات حسب الهدف من التعقيم وكمية الملوثات البيولوجية ، وهناك العديد من الدراسات في مركز تكنولوجيا الإشعاع بمصر على ذلك.

والسؤال التالي : لماذا إذاً لم تنتشر هذه التكنولوجيا بالرغم من قدمها؟

بالرغم من أن التجارب بدأت منذ ٥٠ عام مضى في الولايات المتحدة ، ألمانيا ، أوكرانيا ، بولندا ، المكسيك ، البرازيل والهند ، وعلى مستوى Soil plant إلا أنها إنتهت إلى بعض دراسات تقييم وتم إغلاقها في التسعينات ماعدا الوحدة الموجودة في الهند فهي الوحيدة التي مازالت تعمل باستخدام مصدر إشعاعي ^{137}Cs والهند دولة نووية يمكنها توفير هذه المصادر لنفسها.

وسبب إغلاق هذه الوحدات أنها باهظة التكلفة وعند إنشاء الوحدة سوف يبلغ إجمالي التكاليف في المتوسط ٦ مليون دولار أمريكي والمصاريف الجارية السنوية للتشغيل حوالي ٧٥٠ ألف دولار سنوياً ، هذا بخلاف عقود الصيانة والمتابعة والرقابة الدولية والمستجدات على الساحة الدولية ومشاكلها. ويبلغ تكلفة المتر المكعب من مياه المجاري من ٥ر١-٣ دولار ، أما إذا كان سيجري عملية التعقيم على الحمأة فإن الطن الواحد سوف يتكلف أكثر من ٨٥ دولار وحيث أن المنتج النهائي منخفض القيمة الاقتصادية بالطبيعة فلا يمكن أن يكون لهذا المشروع أية جدوى إقتصادية ولهذا قامت الشركات والمجالس المحلية بالمدن التي أقيم بها مثل هذه المشاريع بإغلاقها ، ومن البديهي أن الطرق التقليدية التي تكلمنا عنها تؤدي إلى نتائج متقاربة من حيث التعقيم والتخلص من الطفيليات والبكتريا الممرضة ، وبتكلفة أقل بكثير ، وإذا علمنا أن وحدة التشعيع عبارة عن إضافة للمنشآت التقليدية ولا تغني عنها فهي إضافة باهظة لا تغني ولا تسمن من جوع.

مشكلة أخرى بديهية أن قدرة أي وحدة تشعيع محدودة للحاجة إلى تكوين فيلم رقيق من مياه المجاري أو من الحمأة المعالجة

لضمان كفاءة التعقيم بالتشعيع مما يؤدي إلى قلة قدرة الوحدة على التعامل مع الكميات الضخمة المنتجة يومياً. وكما نعلم أن محطة الجبل الأصفر تستقبل مليون م^{٣} يومياً وأصغر محطة في حلوان تستقبل ٣٠٠ر٠٠٠م^{٣} يومياً فكيف يمكن استخدام مثل هذه التقنية عندنا!!

وقد أوضحت الشركات المنتجة لهذه الوحدات بأنه يمكن استخدام هذه الإمكانية لتعقيم مخلفات المستشفيات أو المجمعات الصحية أو في المدن الصغيرة والتي لا يتوفر عندها أراضي لمعالجة وتخزين الحمأة.

وسؤال هام : ما هي الخبرات المصرية أو العربية في استخدام التشعيع في تعقيم مياه المجاري ؟

نظراً لعدم وجود أي وحدة تشعيع مركبة على محطة معالجة فعلية أو تجريبية فإن القائمين على مشاريع بحثية مقدم من الوكالة الدولية (عشرة سنوات) أو من هيئة الطاقة الذرية العربية (٣ سنوات) يقومون بتشعيع كيس أو أكثر يحتوي كيلوجرامات من الحمأة ومنها تخرج الأبحاث التقليدية المعروف نتيجتها مقدماً ولا تمثل الوضع الواقعي وظروف التشغيل في محطة المعالجة الفعلية.

أما الخبرات المصرية في طرق المعالجة التقليدية البيولوجية والمستخدمة في جميع محطات المعالجة بمصر فهي خبرات ممتازة ومتطورة وتحقق نتائج ناجحة على مدار السنين. وهناك العديد من دراسات التقييم وتقدير الكفاءة تنتشر دورياً نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر كما يلي :

تم تقييم استخدام نظام برك الأكسدة المهواه لمعالجة مياه الصرف الصحي في مدينة الاسماعيلية ، مصر ، حيث تم التقييم بالنسبة لتحديد كفاءة النظام في التخلص من الحويصلات والبويضات

الطفيلية ، بكتريا القولون البرازية ، الحمل العضوي ، المغذيات غير العضوية والعناصر الثقيلة. وقد تم إجراء التجارب خلال الفترة من اكتوبر ١٩٩٨ حتى ديسمبر ١٩٩٩ حيث تم تحليل عينات من مياه الصرف الصحي الخام وخارج وحدات المعالجة المختلفة والخارج المعالج النهائي ، وذلك من أجل تحديد معدلات التحميل لمختلف العوامل وتحديد قدرة النظام في التخلص منها تحت ظروف التشغيل الطبيعية. وكانت الكفاءة الكلية للنظام للتخلص من بويضات الديدان الطفيلية وحويصلات وحيدات الخلية هي على الترتيب ٢ر٩٩ ، ١ر٩٨% ، بينما كانت الكفاءة الكلية للتخلص من بكتريا القولون البرازية هي ٥٧ر٩٩% وبالنسبة غلى الأكسجين الحيوي المستهلك ، الأكسجين الكيماوي المستهلك ، المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة المتطايرة ، حيث كانت كفاءة التخلص هي على الترتيب ٦٩% ، ٧٤% ، ٨٨% ، ٨٧% وكانت الكفاءة الكلية للنظام للتخلص من العناصر الثقيلة (الكادميوم ، الكروميوم والزئبق) هي على الترتيب ٣ر٣٣% ، ١٠٠% ، ٧ر٦٦% ، على العكس ، ولم تكن هناك كفاءة للنظام للتخلص من العناصر الثقيلة الأخرى (النيكل ، الرصاص ، النحاس ، الزنك ، والكوبلت) أيضاً ، ولم تكن هناك كفاءة بالنسبة للتخلص من الأمونيا والفوسفات.

ما موقف القوانين المنظمة لإعادة إستخدام المياه المعالجة ؟

القوانين المصرية المنظمة لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة تبدأ بالقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلفات السائلة والقانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤ بشأن غصدار قانون الري والصرف ، والقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ في شأن حماية النيل والمجاري المائية ، ثم قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن حماية البيئة (المادة التاسعة عشر والعشرون) وأخيراً القرار الوزاري رقم ٢٨٨ لسنة ٢٠٠٠ ورقم ٣٢٩ لسنة ٢٠٠١ وتشكيل اللجنة الدائمة

لإعداد الكود المصري لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة والحمأة الناتجة من محطات الصرف حيث أعدت اللجنة الكود المصري بالكامل في يوليو ٢٠٠٤ وبصدد إعتماده رسمياً في القنوات الشرعية.

والسؤال الأخير الذي يطرح نفسه كيف نتعامل مع الحمأة المتولدة بعد المعالجة ؟

طبقاً لتقرير الاستشاريون والشركة الأمريكية البريطانية المنفذة لمشاريع مجاري القاهرة الكبرى (١٩٨٩) فإن كمية الحمأة التي سوف تنتج في القاهرة الكبرى وحدها سوف يبلغ مقدارها ٣٦٦٨ طن/يوم بحلول سنة ٢٠١٠ فإذا علم أن المتولد من الحمأة في سنة ١٩٩٥ كان ١٨٧٥ طن/يوم فيمكن التنبؤ بأنه بحلول عام ٢٠١٠ سوف ينتج ما يزيد عن ٣٤ر١ مليون طن مادة جافة وهذا الكم الهائل من الحمأة المتولدة ليس في القاهرة وحدها وينتج كميات كبيرة من كل محطة معالجة على مستوى الجمهورية.

والحمأة غير الملوثة بالمخلفات الصناعية يمكن استخدامها وإعادة تدويرها كمصلحات للتربة الرملية والجيريةوكسماد عضوي مصنع بالعديد من الطرق المعروفة والتي نجح تطبيقها في مصر في العديد من الدراسات (على الدين ١٩٩٣ ، عبد الصبور ٢٠٠٠ ، سمير وآخرون) وسوف نشير باختصار غلى أساليب معالجة الحمأة والتي تتلائم مع ظروفنا المصرية وتنقسم إلى قسمين :

أولاً : المعالجة الهوائية : وتشمل

١) طريقة الكمر المزدوج للحمأة مع مخلفات عضوية أخرى.
٢) طريقة استخدام بعض المواد الكيميائية مثل الجير الحي أو تراب الأسمنت.

٣) طريقة استخدام بعض الطحالب البحرية.

ثانياً : المعالجة اللاهوائية : وتشمل

١) إنتاج الغاز الحيوي والسماد العضوي من مخلفات الحمأة منفردة.
٢) إنتاج الغاز الحيوي والسماد العضوي من مخلفات الحمأة بعد إجرائها بإضافة مواد عضوية بنسب معينة.
٣) إنتاج الغاز الحيوي والسماد العضوي تحت نظام الحرارة المرتفعة ٥٥ ^{o}م.
٤) إنتاج الغاز الحيوي والسماد العضوي باستخدام تكنولوجيا فصل المرحلة الحامضية ومرحلة التخمر الميثاني.

وكل هذه الطرق ذات كفاءة عالية في القضاء على البكتريا الممرضة والطفيليات المختلفة والتي يتركز وجودها بكثافة عالية في حمأة المجاري والسماد العضوي الناتج يشبه السماد البلدي المتحلل في مظهره مع خلوه من بذور الحشائش ومسببات الأمراض البكتيرية والفيرومين أو بويضات الطفيلات (أنظر قائمة المراجع) مع إرتفاع قيمته السمادية.

ومن الجدير بالذكر أن هذه الطرق توفر عمالة وإستثمارات محلية ولا تحتاج لتدخل أجنبي أو رقابة دولية ، كما في حالة لو أدخلنا طريقة تعقيم الحمأة بالإشعاع بالإضافة إلى أن الطن لا يتكلف أكثر من ١٠٠-١٥٠ جنيه مصري في أن استخدام الإشعاع يرفع التكلفة إلى ٨٥ – ١٧٠ دولار أمريكي/طن.



الفصل الرابع
معالجة مياه الصرف الصناعي

بشكل عام ، ليس هناك نشاط صناعي دون نواتج ثانوية ، أو ما يُعرف بالملوثات .. فقد أصبح من المعروف عالمياً أن لكل صناعة كميات ونوعيات من الملوثات المحسوبة بدقة وفقاً لتقنية كل صناعة وكمية المواد الخام والمياه والطاقة الداخلة في الصناعة ، مثال لذلك : في صناعة الجلود ينتج عن مصنع متوسط ذي طاقة ٢٠ طن جلود/ يوم حوالي ١٤٠ متر مكعب من الصرف الصناعي تحوي العديد من الملوثات الخطرة. كما ينتج عن مصنع للصباغة والنسيج متوسط الحجم حوالي ١٢٠٠ متر مكعب صرف صناعي/ يوم. وينتج عن مصنع حديد وصلب طاقة ١٠٠٠ طن/يوم حوالي ١٦٠٠ – ٢٠٠٠ متر مكعب/ يوم صرف صناعي تحوي مخلفات من الفينول (٤٠ر٠ كيلوجرام/متر) وسيانيد (١٦ر٠ كيلوجرام/متر) وغيرها .. بينما ينتج عن مصنع أدوات منزلية حوالي ٥٥ متراً مكعباً من الصرف الصناعي/ طن من الألواح المعدنية التي يتم تشكيلها ودهانها تحوي العديد من المواد العضوية والسامة. وتستهلك الصناعة كميات هائلة من المياه النقية كمدخلات وتصرف كميات هائلة من المخلفات السائلة ومياه الصرف كمخرجات. وتتفاوت هذه المخلفات السائلة أو مياه الصرف في حجمها ونوعياتها من صناعة لأخرى. ويؤدي صرفها إلى إحداث تلوث حراري وكيميائي وبيولوجي لمسطحات المياه أو التربة التي تصرف عليها ، ففي العديد من الدول العربية نجد أن مياه الصرف الصناعي والمخلفات السائلة ، بما تحويه من سموم وملوثات مثل المعادن الثقيلة وأحماض وصبغات وكيماويات وملوثات بيولوجية مختلفة إما أن تصرف بدون معالجة أو بمعالجة بسيطة أو غير مكتملة على المسطحات المائية من أنهار وبحار بشكل مباشر أو تنقل بالوسائل المختلفة إلى الوديان أو الصحاري لتكون برك مياه صرف أو ترش على التربة للتبخر بفعل الحرارة. وأوضحت العديد من القياسات والدراسات البيئية الحالة السيئة والخطيرة التي وصلت إليها حال المياه الجوفية ومياه

الأنهار والبحار في الوطن العربي .. فقد بلغ ما يصرف على نهر النيل حوالي ٣ مليارات متر مكعب صرف صحي وصناعي سنوياً. وفي نفس السياق صنف البحر الأبيض المتوسط كواحد من أشد بحار العالم تلوثاً جراء الصرف الصحي والصناعي من الدول المطلة عليه.

أين يذهب الصرف الصناعي :

السؤال المهم الآن .. أين يذهب الصرف الصناعي في الدول العربية ؟

إذا نظرنا شرقاً وغرباً في الوطن العربي سنجد أن هناك آلاف المصانع التي تصرف مليارات الأمتار من الصرف الصناعي بجميع درجاته على البحار ، البحيرات ، الأنهار والتربة. ففي مصر مثلاً : بالرغم من أنها دولة رائدة في الصناعة والبيئة يلقي في البحر المتوسط والبحيرات الشمالية كميات هائلة من الصرف ما نتج عنه تحول بحيرة مثل بحيرة مريوط إلى بحيرة ميتة بلا حياة. وهناك جزء صغير – حوالي ٢٥% من الصرف الصناعي – تتم معالجته ويعاد تدويره في بعض العمليات الصناعية بالمصنع نفسه أو يستخدم في ري المسطحات الخضراء والأشجار الخشبية. كما أن هناك تجربة رائعة تسمى " الغابة الصينية " على مساحة ما يقرب من ٢٠ ألف فدان بالصحراء الغربية تروى بمياه الصرف الصناعي بالقرب من مدينة السادات وكذلك غابة سرابيوم بالإسماعيلية.

نوعية مياه الصرف الصناعي :

ترتبط كمية ونوعية مياه الصرف الصناعي بالعديد من العوامل الداخلة في الصناعة مثل نوعية الصناعة ، نوعية وكمية المواد الخام ، التقنية المستخدمة في الصناعة ، مهارة وكفاءة

العمالة ، درجة الوعي البيئي والتقني للعمالة واصحاب رأس المال والإداريين ، نوعية المنطقة الصناعية التي يقع بها المصنع ، البنية التحتية ومستوى الخدمات العامة بالمنطقة أو المدينة الصناعية ، نظام الإدارة البيئي ، مستوى الرقابة والتفتيش والمراجعة البيئية ، التشريعات والقوانين المُطبقة. وتنعكس هذه المعايير ، وغيرها ، على مستوى إستجابة وأداء العاملين وأصحاب المصانع تجاه التصرف بمياه الصرف الصناعي ، فمنهم من يتفهم ويتطوع للحفاظ على البيئة من خلال معالجة مياه الصرف والتخلص الآمن من مياه الصرف ، ومنهم من يشارك ، بحماس ، في خطط الدولة لحماية البيئة والتنمية المستدامة ، ومنهم من يرقى بأدائه إلى المعايير العالمية ويتأهل لنظم الإدارة البيئة العالمية ويحصل على شهادة الأيزو ١٤٠٠١ الخاصة بالإدارة البيئة العالمية ، ومنهم من يلتزم بالتشريعات والمعايير البيئة من خلال الرقابة والتفتيش الدوري من قبل الدولة ومنهم من يحاول التهرب والإلتفاف حول القوانين والتشريعات. وبشكل عام يمكن تقسيم نوعية مياه الصرف الصناعي إلى ثلاث مجموعات :

<u>المجموعات الأولى</u> : الصرف الصناعي الخفيف الناتج عن أغلب الصناعات الغذائية والصناعات البسيطة وهو أشبه ما يكون بمياه الصرف الصحي.

<u>المجموعة الثانية</u> : الصرف الصناعي متوسط التلوث وهو ناتج ، في أغلب الأحيان ، من بعض الصناعات الغذائية شديدة التلوث مثل المجازر وصناعات اللحوم والدواجن ، بالإضافة إلى المصانع صغيرة أو متوسطة الطاقة الإنتاجية.

<u>المجموعة الثالثة</u> : الصرف الصناعي الثقيل أو شديد التلوث الناتج عن الصناعات الثقيلة والمصانع الكبيرة والصناعات شديدة

التلوث مثل : صناعة دباغة الجلود ، مصانع الحديد والصلب ، الصناعات البتروكيميائية ، صناعات الأسمدة ، الصناعات الكيميائية ، مصانع السيراميك وغيرها. تعتبر المجموعة الثالثة أخطر مصدر للصرف الصناعي شديد التلوث. وتحوي مياه الصرف عادة العديد من المواد السامة التي تصنف كنفايات خطرة بالإضافة إلى العديد من المعادن الثقيلة ذات الأثر التراكمي والمُسرطن مثل الكروم ، الكادميوم ، الزئبق ، الزرنيخ وغيرها. ويجب التشدد مع هذه النوعية من المصانع وإلزامها بإنشاء وحدات معالجة ذات كفاءة عالية مع التفتيش المفاجئ والدوري ، بالإضافة إلى التتبع والمراجعة الدورية لكميات المواد الخام والمخرجات وآلية التصرف في النفايات السائلة والصلبة والخطرة.

معالجة مياه الصرف الصناعي :

يتم إستخدام العديد من الطرق :

معالجة فيزيائية " ميكانيكية " :

تسمى المعالجة الأولية وتهدف هذه الطريقة إلى إزالة المواد العالقة والجزيئات الكبيرة مثل الحصى والمواد الطافية وأحيانا إزالة الزيوت. ولهذه الطريقة من المعالجة أنواع هي : الحواجز الشبكية ، ووظيفتها حجز ومنع الأحجار والمواد الطافية ، والنوع الثاني هو وحدات الترسيب ووظيفتها ترسيب الحصى والأشياء الصغيرة ، ثم كاشط الزيوت.

وتتضمن العمليات الفيزيائية عملية فصل السوائل والمواد الصلبة مثل الغربلة والترسيب والتنقية والطرد المركزي والطفو والترشيح والإمتصاص والتبخير والتقطير والتناضح العكسي. كما تتضمن هذه العمليات فصل المواد العالقة في الوسط السائل وتعتمد

أساساً على نوعية وخواص المواد الصلبة العالقة. وعند معالجة المخلفات المحتوية على سوائل ومواد صلبة ينبغي أن يجري الفصل الفيزيائي أولاً لأنه ذو تكاليف وحلول أقل تعقيداً لكثير من مشاكل إدارة نفايات الصرف الصناعي السائلة.

وعادة فإن المعالجة الفيزيائية تقوم بنقل المكون الخطر من وسط إلى آخر بدون تغيير في خواصه الأساسية ، وعموماً فإن الجزيئات الكبيرة ذات الكثافة العالية تفصل بسهولة أكثر من الجزيئات ذات الكثافة المنخفضة مثل وحدات فصل الزيت بالجاذبية الأرضية وفصل الزيوت المذابة باستخدام طريقة التعويم بالهواء المذاب المستخدمة لفصل الزيت والشحم من الصرف الصناعي السائل والناتج من صناعة الزيت والصابون وذلك قبل التخلص منه في الصرف الصحي أو على المصارف المائية. وتستخدم عادة المعالجة الفيزيائية بمصاحبة تكنولوجيات معالجة أخرى للتخلص الأمثل من المخلفات.

<u>معالجة كيميائية</u> :

تسمى معالجة إبتدائية وهي أساسية للصرف الصناعي وإختيارية للصرف الصحي ، والهدف منها : معادلة وضبط الأس الهيدروجيني pH (6-8) ، وتجميع وإزالة المواد العالقة الدقيقة " إضافة مادة تخثر " مثل الشب والبوليمر وأكاسيد الكالسيوم والحديد والألومنيوم ، وخفض الحمل العضوي COD & BOD بنسبة تتراوح بين ٣٠-٥٠%. وهناك عدة أنواع لها هي : إضافة مواد كيميائية " أحماض أو قلويات لمعادلة pH " ، وإضافة مواد كيميائية للترسيب مثل أملاح الفوسفات وغرويات الطين والفحم النشط كما هو موضح بالملحق (١).

وتتضمن المعالجة الكيميائية استخدام التفاعلات الكيميائية لتقليل خطر نفايات الصرف الصناعي ، وتعتبر المعالجة الكيميائية للمخلفات الخطرة أفضل بيئياً من التخلص منها بالدفن الصحي الذي يعتبر أقل تكلفة من المعالجة الكيميائية في بعض الحالات.

وهناك العديد من الطرق المختلفة للمعالجة الكيميائية للنفايات السائلة للصرف الصناعي الخطرة مثل التعادل والترسيب والترويب والأكسدة والإختزال ، ويمكن أن يستخدم التفاعل الكيمياوي لتقليل حجم المخلفات أو لتقليل من خطرها.

*) التعادل الكيماوي :

تعتبر معادلة المخلفات الحامضية والقلوية أمثلة للمعالجة الكيماوية لتقليل المخلفات التي تسبب التآكل الكيميائي.

وتعتمد عملية تعادل المخلفات الحامضية أو القلوية على إضافة مادة كيميائية لتغيير الأس الهيدروجيني إلى المستوى الأكثر تعادلاً في مدى يتراوح بين (٦ : ٨) ، وكثيراً ما يتطلب الصرف الصناعي السائل إجراء عملية تعادل له قبل إجراء أي معالجة أخرى أو تصريفه في نظام الصرف الصحي التابع للبلدية ومن ثم يستخدم حوض تعادل ذو مستوى ثابت كحوض للمعادلة ، ومن الطبيعي والضروري أن يتم معادلة المخلفات الحامضية بقاعدة كما أن المخلفات القاعدية يتم معادلتها بحمض طبقاً للمعادلة الآتية :

حمض + قاعدة ← ملح + ماء

وقد يتم معادلة السائل القلوي بحمض معدني مثل حمض الكبريتيك (H_2SO_4) أو حمض الهيدروكلوريك (HCl) أو باستخدام

ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يكون حمض الكربونيك (H_2CO_3) الذي يتعادل مع المواد القلوية.

ويتم معادلة السائل الحامضي في الصرف الصناعي باستخدام الجير [(هيدروكسيد كالسيوم $Ca(OH)_2$)] أو رماد الصودا أو كربونات الصوديوم Na_2CO_3. ويعتبر الجير أشهر القواعد المستخدمة لمعادلة السوائل الحامضية نظراً لتوفره ورخصه.

*) <u>الترسيب الكيماوي</u> :

إن الطريقة المعتادة لفصل المعادن الثقيلة من سوائل الصرف الصناعي غير العضوية هي بالترسيب الكيماوي حيث تترسب المعادن عند درجات مختلفة للأس الهيدروجيني (pH) ويتوقف ذلك على الأيون المعدني مما يؤدي إلى تكوين ملح غير ذائب ، ومن ثم فإن معادلة سوائل الصرف الصناعي الحامضية يمكن أن تؤدي إلى ترسيب المعادن الثقيلة التي يسمح بفصلها في صورة راسب طيني متبقى (حمأة) ، وعادة ما تكون هيدروكسيدات المعادن الثقيلة غير ذائبة ولذا فإن الجير أو المواد القلوية يشيع استخدامها لترسيب المعادن الثقيلة. كما أن ذوبان هيدروكسيدات المعادن له ارتباط كبير بالأس الهيدروجيني (pH) ولكل عنصر معدني أس هيدروجيني أمثل للترسيب ، والكربونات والكبريتيدات أقل ذوباناً من الهيدروكسيدات علماً بأن ترسيب الكبريتيدات المعدنية يعتمد أيضاً على الأس الهيدروجيني.

*) <u>الترويب الكيميائي</u> :

يمكن إسراع ترسيب المعادن إلى حد كبير بإضافة مواد كيماوية مختلفة ذائبة في الماء وبوليمرات لتنشيط عملية الترويب ،

وتستخدم هذه العمليات لفصل المواد الصلبة العالقة في السوائل عندما تكون معدلات ترسيبها الطبيعية بطيئة جداً وذلك للتنقية الفعَّالة.

إن الترويب الكيميائي هو إضافة المروبات مع سرعة خلطها لمعادلة الشحنات وتجميع الجزيئات العالقة ومن ثم تتكتل وتترسب. وتتطلب عملية ترسيب المواد العالقة الترويب وذلك لتكوين الحجم الفعَّال للترويب عندما يكون الوقت غير كافي لإزالة المواد العالقة.

وتعمل الشبه وأملاح الحديد الشائعة الإستخدام في تنقية مياه الشرب كمروبات وذلك بتكوين جزيئات ذات شحنات كهربائية موجبة في (pH) يتراوح بين ٦ ، ٨ وينتج عن هذا التفاعل هيدروكسيد الألومنيوم أو الحديد الهلامي والمروبات المعدنية من الكتل المتجمعة التي تمسك الجزيئات العالقة بعضها البعض ، وإستخدام كبريتات الألومنيوم أكثر شيوعاً من إستخدام أملاح الحديد في تنقية المياه لأنها أرخص إلا أن أملاح الحديد أكثر فاعلية في نطاق أوسع للأس الهيدروجيني (pH).

*) **<u>الأكسدة الكيماوية والإختزال</u> :**

يمكن إستخدام عمليتي الأكسدة والإختزال لتحويل الملوثات السامة إلى مواد عديمة الضرر أو ذات سمية أقل. ويتغير التكافؤ في الأكسدة والإختزال نتيجة فقد وإكتساب الألكترونيات . ويجب أن تكون الأكسدة مصحوبة بالإختزال وهو التفاعل الذي يقل فيه التكافؤ نتيجة إكتساب الألكترونيات. والتفاعلات الكيماوية التي تتضمن كلاً من عمليتي الأكسدة والإختزال تسمى بتفاعلات الأكسدة والإختزال.

وعلى سبيل المثال يعتبر الكروم سداسي التكافؤ الناتج من صناعة دباغة الجلود سام جداً كما أن وجوده في المخلفات يتطلب

عناية كبيرة في التعامل معه لتجنب الضرر للإنسان والبيئة ، وإذا تم إختزال الكروم سداسي التكافؤ إلى كروم ثلاثي التكافؤ فيمكن ترسيبه كهيدروكسيد كروم.

إن إختزال الكروم سداسي التكافؤ إلى صورة ثلاثية التكافو من خلال تقنيات التصنيع يؤدي إلى إنتاج مركب يحتوي على الكروم حيث يكون أقل سمية وأكثر سهولة للإسترجاع والتخلص النهائي.

المعالجة الحيوية " البيولوجية " :

تسمى المعالجة الثانوية ، وهي عملية بيولوجية قائمة على قدرة الميكروبات أو الكائنات الحية الدقيقة على الهدم أو التفسخ الحيوي للمواد العضوية خاصة من الكائنات الدقيقة لإزالة أو معالجة الملوثات من المياه ، حيث إن الكائنات الدقيقة لها القدرة الفائقة على تكسير وهضم الملوثات خاصة العضوية وترسيب العديد من المواد السامة أو تحويلها إلى مواد غير سامة. وتنقسم المعالجة البيولوجية إلى معالجة هوائية ، حيث يتم أكسدة المواد العضوية بيولوجياً إلى ماء ثم CO_2 ومياه من خلال سلسلة طويلة من التفاعلات البيوكيميائية. والهدف من هذه المعالجة : تحسين نوعية مياه الصرف بإزالة المواد العضوية الذاتية والعالقة بالمياه ، وخفض الحمل الميكروبي COD & BOD للمياه بنسبة تتراوح بين ٦٠-٩٥% ، بالإضافة إلى إزالة تلوث المياه مثل النترات والفوسفات ، وهناك نوعان من المعالجة البيولوجية.

الأول : تقنيات المعالجات الهوائية ، ويشمل المعالجة بنظام الحمأة النشطة Activated sluge ، والمعالجة بنظام الفلاتر الحيوية Trickling Filters ، والمعالجة بنظام الأغشية الحيوية

Bio-film/ Biorentaetors ، وتقنيات المعالجة اللاّهوائية مثل المخمرات اللاهوائية Anaerobic Bio-Digesters Fermentor.

وفي ظل التقدم العلمي الكبير ، خاصة في مجال تقنيات البيئة الحيوية Environmental Bio-Technology ، التي تعتبر من أحدث العلوم في مواجهة التلوث البيئي والمشاكل الناتجة عن الأنشطة البشرية والكميات الهائلة من الملوثات خاصة المخلفات السائلة ومياه الصرف الصناعي ، تطورت العديد من التقنيات الحديثة باستخدام الكائنات الدقيقة خاصة والحية عامة ، كنوع من العودة للطبيعة وقدرة الكائنات الدقيقة (الميكروبات) التي وهبها الله سبحانه وتعالى كمنظفات طبيعية للبيئة ، وبتطوير قدرة الكائنات الطبيعية والمعروفة من البيئة المحلية وبتطوير نظم المعالجة أمكن تطوير بعض التقنيات الحديثة التي أثبتت كفاءتها وجدواها الاقتصادية في معالجة مياه الصرف الصناعي الثقيل خاصة الملوث بمعادن أو مواد سامة .. مقارنة بالتقنيات الكيميائية والفيزيائية الأخرى والأكثر تكلفة منها : تقنية الادمصاص الحيوي Biosoprption وتقنية الحقول البيولوجية GHB ، والتي سبق أن تكلمنا عنها في الفصل الثالث.

ويمكن أن تستخدم المعالجة الحيوية لمعالجة الصرف الصناعي العضوي وإرتشاحات المدافن الصحية والتربة الملوثة. وتصنف الميكروبات المستخدمة للمعالجة البيولوجية إلى ميكروبات عضوية التغذية وأخرى ذاتية التغذية ، ويعتمد ذلك على مصدرها من المواد الغذائية. فالميكروبات عضوية التغذية تستخدم الكربون العضوي أما الميكروبات ذاتية التغذية فتستخدم المواد غير العضوية مثل ثاني أكسيد الكربون.

كما يمكن تقسيم المعالجة البيولوجية طبقاً للإستفادة من الأكسجين إلى معالجة هوائية ومعالجة لاهوائية. وفي المعالجة الهوائية يلزم وجود الأكسجين لتحويل المادة العضوية إلى الطاقة اللازمة لنمو البكتريا وتكاثرها. وفي المعالجة اللاهوائية يتم إستخدام البكتريا اللاهوائية لتحليل المادة العضوية. ويشيع إستخدام المعالجة الهوائية لمعالجة المخلفات الصناعية العضوية السائلة ، وعادة فإن النظم الهوائية يقتصر إستخدامها على معالجة المخلفات العضوية أو الحمأة العضوية الناتجة من المعالجات الهوائية للصرف السائل.

وقد يتطلب الأمر ضبط الأس الهيدروجيني (pH) لتحسين التفاعلات البيولوجية التي يتم فيها معالجة الصرف الصناعي إذا تأثر الأس الهيدروجيني بالنشاط البيولوجي للمواد العضويةالخطرة الواصلة لهذه الأراضي أو المفاعلات. ومعظم الكائنات التي لها القدرة على معالجة المواد العضوية الخطرة تنمو جيداً في أس هيدروجيني (pH) بين ٦ ، ٨ . وكثير من المواد العضوية الخطرة تتحلل هوائياً ولكن لأن عمق الطبقة التي يتخللها الأكسجين في الأراضي تكون محدودة فإن معدل ومدى التخلص من المواد السامة بيولوجياً يصبح أيضاً محدوداً ، وقد تكون التهوية مطلوبة أحياناً للمعالجة البيولوجية للإرتشاحات والمواد الأخرى الملوثة للصرف السائل.

<u>آلية حل مشكلة الصرف الصناعي</u> :

يمكن تلخيص وسائل حل مشكلة الصرف الصناعي في عدة نقاط :

*) إلزام المصانع ، على مختلف مستوياتها ، بمعالجة مخلفاتها السائلة بالمصنع من خلال إنشاء محطات معالجة تتناسب مع نوعية الصناعة قبل صرفها على الشبكات العامة أو المسطحات المائية ، ووفقاً للقوانين المنظمة كما في ملحق (٢).

*) عدم الترخيص للمصانع الجديدة إلا بعد تقديم دراسة تقييم أثر بيئي EIA متضمنة خطط ورسوم تنفيذية لمحطة معالجة السوائل والصرف الصناعي.

*) إلزام المصانع القائمة بتوفيق أوضاعها بيئياً ، من خلال خطة تنفيذية CAP تشمل إنشاء وتنفيذ وتشغيل محطة معالجة السوائل والصرف الصناعي.

*) الرقابة الدائمة على المصانع وتطبيق معايير ومقاييس حماية البيئة وفق ما جاء باللآئحة التنفيذية للقانون ٩٤/٤ للبيئة والتشريعات البيئية.

*) المراجعة الدورية والمفاجئة للمصانع والتأكد من تشغيل وحدة معالجة السوائل ومياه الصرف الصناعي بشكل مستمر وجمع العينات الدورية.

*) إيجاد بدائل تكنولوجية منخفضة التكاليف وسهلة التطبيق وذات كفاءة عالية لمعالجة مياه الصرف الصناعي.

*) منح القروض الميسرة للمصانع وإيجاد الدعم المادي لإنشاء وتشغيل وحدات المعالجة مع تدوير الجزء الأكبر من المياه المعالجة وإعادة إستخدامها في نظام مغلق.

*) تطوير تقنيات معالجة مياه الصرف الصناعي بما يحسن نوعية مياه الصرف المعالجة ويتيح إستخدامها بأمان تام وتكلفة مادية أقل.

*) دعم المراكز البحثية والجامعات في مجال تقنية البيئة الحيوية بهدف إرساء أسس تكنولوجية لمعالجة مياه الصرف بما يتناسب مع إمكانيات وأوضاع الوطن العربي وسائر الدول النامية.

*) إعادة تدوير جزء من مياه الصرف الصناعي المعالج داخل المصنع في الأغراض المختلفة مثل ري المسطحات الخضراء ، غسيل الماكينات والأرضيات ، في أجهزة الطر. بدورات المياه وغيرها من الأغراض وفق نوعية المياه المعالجة مما يخفف الضغط على شبكات الصرف العمومية ويحقق وفراً كبيراً في المياه النقية كأحد الموارد الطبيعية الهامة كما يحقق وفراً مالياً كبيراً للمصنع.

*) إنشاء وحدات معالجة (محطات) مركزية بكل منطقة صناعية أو مدينة تمول من مستثمرين ومن عائد بيع المياه المعالجة للأغراض المختلفة ومن عائد بيع الأشجار الخشبية التي يمكن تنميتها في غابات صناعية تُروى بهذه المياه حيث يمثل إستخدام الجزء الأكبر من مياه الصرف الصناعي المعالج في ري المسطحات الخضراء والأشجار الخشبية غير المثمرة ، كمورد غير تقليدي للمياه.

*) إنشاء مدفن آمن وفقاً للمعايير والمقاييس البيئية للتخلص النهائي الآمن من الحمأة الصناعية الناتجة عن محطات معالجة الصرف.

*) إنشاء الغابات الشجرية والأحزمة الخضراء حول المدن باستخدام مياه الصرف الصناعي المعالج التي تعمل على تثبيت التربة ، كمصدات للرياح والحد من آثار التغيرات المناخية ، بما يدعم إستراتيجية السعودية مكافحة التصحر والحد من آثار التغيرات المناخية.

*) تطبيق اسس الإنتاج الأنظف وترشيد إستخدام المياه في الصناعة.

تحويل مخلفات حمأة الصرف الصناعي إلى طاقة حرارية :

بدأت مصر في تنفيذ مشروع الماني مبتكر يمكن من خلاله تحويل مخلفات الصرف الصحي الصناعي إلى طاقة حرارية خاصة في القرى والمدن الصغيرة ، بأقل التكاليف ، حيث يمكن الإستفادة من نتائج الصرف الصحي في كثير من الأغراض والصناعات. ومن ثم تخفيض نفقات العاملين في هذا المجال.

والمعروف أن أنواع الحمأة متعددة منها : الحمأة الناتجة من الصرف الصحي ، والحمأة الزيتية ، والحمأة الناتجة من صناعة الورق ، والحمأة البلدية. وكان العلماء دائماً في صراع ومعارك تكنولوجية لمكافحة الحمأة لإمكان التخلص منها ، وبالإضافة إلى ذلك فإنه ينظر إليها عادة بشكل عملي على أنها مجرد خليط من سوائل ومواد صلبة ، ولو تم فصل هذين العنصرين لن تكون الحمأة موجودة ، بل ستكون هناك مياه ومواد صلبة ذات تركيز عال للطاقة ، وهي مواد الحمأة العضوية. تعتمد الفكرة الجديدة على تحريك الماء والشوائب الموجودة بالحمأة بسرعة عالية ، ثم يتم كبحه (فرملته) فجأة وتحويل إتجاهه ، وبما أن المواد الصلبة أثقل وزناً من الماء ، ولا يمكن فصلها بسهولة ، لذلك فهي لا تُشارك في منحنيات حركة الماء لكنها تتطاير إلى الأمام في خط مستقيم ، بعد

ذلك تتم معالجة المياه على أساس كشط المواد الصلبة كبيرة الحجم ، وتوفير أحواض رملية لجمع الشوائب ، وحوض ترسيب ميكانيكي ، ثم تتم المعالجة البيولوجية والمعالجة باستخدام نترات الفوسفات.

معالجة وتصنيع الحمأة :

من خلال خطوات المعالجة السابقة فإن مواد الحمأة تظهر في أحواض الرمل وتظهر الحمأة الأولية من حوض الترسيب الميكانيكي والحمأة الثانوية ، أو البيولوجية ، من خلال المعالجة البيولوجية ، فيما تظهر أنواع الحمأة الأخرى في الحوض المائل اللاحق ، وهي تشبه الحمأة البيولوجية. ولإستغلال الحمأة يجب أن يتم كبسها إلى حجم صغير جداً بعد طرد الماء. ويمكن طرد الماء من الحمأة ميكانيكياً عن طريق الطرد المركزي والكبس بشبكات الأسلاك أو الغرف ذات حافظات الترشيح (الفلاتر) ، واستخدام الحمأة بحرقها هو العامل المحدد للنفقات.

ومن خلال تكنولوجيا " أكويكس " ، التي تطبق الأنظمة التكنولوجية ، يمكن تنظيف نواتج الصرف الصحي حيث تم تطوير تنك الترسيب السريع " أكويكس رابيد " لغرض التنظيف الميكانيكي السريع والمستمر لنواتج الصرف الصحي ، سواء من البلدية أو من المنشآت الصناعية. ومن خلال الفصل الجيد والفعّال للمواد الصلبة فإن الأحمال CSB والأحمال BSBS يمكن تخفيضها بصورة هائلة ويمكن فصل المواد الأساسية للحمأة من الزيوت والمواد الراتنجية ومواد الحمأة الأخرى ، وكذلك العلف الحيواني والأسمدة بحسب مواد المدخلات في الحمأة ، والمواد الإضافية لإنتاج الأحجار الخراسانية وأحجار الرصف للحدائق والممرات ومواد إضافية

لأساسات الشوارع والحواجز ، أو لتغطية أماكن تفريغ القمامة ، وأخيراً المواد الإضافية لإنتاج الطوب والحجر الخرساني.

المفاعل البيولوجي :

وقد تبين أن تخفيض المواد القابلة للإستخلاص والأحمال CSB/BSBS يعتبر كافياً لتقليل الأحمال الباقية في المفاعل البيولوجي ، ولكن سيكون من الخطأ تحويل هذا الناتج إلى مياه نقية بدرجة كبيرة في نظام التفريغ ، لأن الماء يمكن معالجته وتصنيعه مرة أخرى كمياه للخدمات. ويتكون المفاعل البيولوجي من وعاء كبير مملوء بالمواد الحاملة وملقح بالبكتيريا ، ويتم رش نواتج الصرف الصحي التي تم تنظيفها ميكانيكياً في الوعاء ، وهكذا تتدفق ببطء إلى أسفل ، ويتم دفع كميات كبيرة من الهواء بدفع قوى في الاتجاه المقابل . تقوم الكائنات العضوية الدقيقة بتحليل وتفكيك الأحمال العضوية الباقية وبمساعدة أكسجين الهواء ، وهكذا حتى تصل إلى إمكان تفريغ الصرف الصحي في الترعة. ومن خلال هذه الخطوات فإن الفوسفات يظل في المواد الصلبة بينما يتم التخلص من النترات في المفاعل البيولوجي ، وإذا كان تخفيض النترات غير كاف لهذا الغرض يتم توصيل وحدة صغيرة لإزالة النترات على جانب المخرج . وتظل المواد الصلبة المنفصلة في شكل حمأة يمكن تصنيعها ومعالجتها. وتمر المواد الصلبة المجففة في شكل حمأة بشكل متتال في خطوات طرد الماء وزيادة الكثافة كمراحل مبدئية للمعالجة ، ويتم كبس المواد الصلبة في مكبس من شبك سلك (والبديل لذلك : مكبس بلون مطاط للكبس) بنسبة DS50%.

وأخيراً يتم تصنيع مكعبات (البلتات) وتجفيفها من خلال الحرارة الناتجة من النفايات ، وربما يتم ذلك من خلال عمليات الإحتراق الذاتي وبدرجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية تقريباً.

توليد الكهرباء ومعالجة العادم :

تحرق (البلتات) بدرجة حرارة ثابتة ٨٥ درجة مئوية لمنع تكوين الدايوكسين والفيوران ، ويتم توجيه الغازات الساخنة فوق محركات إسترلنج أو بمعدات مناسبة لإنتاج البخار وتوليد الطاقة الكهربائية الناتجة عنه. أما الأبخرة والدخان الناتجة من توليد الكهرباء فيتم توجيهها إلى المجفف ومن خلال تزويده بالهواء الخارجي يتم تبريدها حتى درجة حرارة التجفيف ١٠٠ درجة مئوية ، ثم تتم تعبئة الرماد الناتج من الإحتراق في أوعية ويتم التخلص منه أو تخزينه تحت ضغط كبير في أماكن للتفريغ. وبذلك يمكن إستخدام الطاقة الحرارية بعد تنظيف هواء العادم عن طريق مبادل حراري للتدفئة لغرض إنتاج الماء الساخن بصورة مناسبة لتدفئة المباني وللتسخين المبدئي للحمأة قبل طرد المياه وغيرها. وسيكون المنتج النهائي لتكنولوجيا أكويكس بعد خطوات العمليات المذكورة فيما سبق هو : نواتج الصرف الصحي النظيفة والقابلة للإستخدام مرة أخرى ، والمواد الصلبة في شكل (بلتات) بقطر ٨ – ١٠ مم ، وهي متعددة الوظائف ويمكن إستغلالها والإنتفاع بها وتحقيق ربح كبير من خلالها.

عيوب الطريقة التقليدية :

أصبحت التكنولوجيا الحالية عتيقة وغير نافعة من الناحية العملية لعدة أسباب منها : أن معدات معالجة المياه تحتاج لأسطح كبيرة ولها تكاليف عالية ، كما أن العدد الهائل لخطوات الإنتاج الفردية يمثل تكاليف هائلة للإستثمارات ، بالإضافة إلى أن خطوات

التصنيع والمعالجة المختلفة تحتاج لكميات طاقة كبيرة كما أن خطوات المعالجة تحتاج لعدد كبير من العاملين. وبالنسبة لمواد الحمأة الصناعية فهناك جزء صغير فقط من الصرف الناتج هو الذي يمكن إعادة توجيهه مرة أخرى للإنتاج. وكنتيجة لذلك تنتج عمليات ذات تكاليف كبيرة لتدمير نواتج الصرف الصحي بدلاً من محاولة إعادة إستخدامها بصورة نافعة تحقق الأرباح.

ويمكن تلخيص مزايا هذه التكنولوجيا فيما يلي :

*) إحتياجات منخفضة للمساحات (٥%-١٠%) من أبعاد المساحات الأخرى التي كانت مطلوبة سابقاً.

*) التكاليف المنخفضة للإستثمار (نحو ٣٠% - ٥٠% من التكاليف المعتادة.

*) عدم الإحتياج للأحواض الرملية وحوض الترسيب الميكانيكي وأحواض المعالجة البيولوجية والأحواض المائلة اللاحقة.

*) عدم الإحتياج لتنك المعالجة والاستيعاب لغرض التخلص من الطاقة الناتجة.

*) تخفيض تكاليف الطاقة.

*) تخفيض نفقات العاملين.

*) معالجة مواد الحمأة الخام بتركيز الطاقة الكامل لها.

*) الكفاءة الاقتصادية المربحة من خلال استخدام الطاقة الكامنة.

*) الناتج متعدد الجوانب يتيح إستخدام الحمأة كمصدر للطاقة.

وتشمل عمليات أكويكس لتصنيع ومعالجة نواتج الصرف الصحي والحمأة ما يلي :

*) فصل المواد الصلبة / السوائل من خلال تنك ترسيب سريع.

*) فصل المكونات.

*) معالجة وتصنيع نواتج الصرف الصحي.

*) تحويل الحمأة إلى بلتات حتى ٩٥% تقريباً من المواد الجافة.

*) الاستغلال الحراري أو إعادة التدوير مرة أخرى في الإنتاج.

والنتيجة النهائية للإختراع هي تنظيف المياه لإعادة إستخدامها على الأقل في الاستخدامات الصناعية. أما المواد المتبقية ، وهي في شكل مواد تم تطهيرها وخالية من الروائح الكريهة والأتربة ، وفي شكل (بلتات) تحتوي على ٩٥% تقريباً من المواد الجافة ، فيمكن إستخدامه كالآتي :

*) في محطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بالفحم.

*) وحرارياً في محطات الكهرباء الصغيرة ولإنتاج البخار والحرارة.

*) كحمأة إنتاج الورق ، وعلى سبيل المثال المواد الإضافية لإنتاج ألواح البياض الجبسية.

*) كمسحوق الحمأة الورقية كعنصر ربط ممتاز للزيوت على الماء لمقاومة تسرب الزيوت والبترول.

*) كمسحوق حمأة الورق كعنصر ربط فعَّال لتنظيف الشواطئ الملوثة بالبترول وعنابر المصانع والونش.

*) وكمادة أساسية لإنتاج الورق المضغوط (مواد التعبئة للزجاجات والبيض والفواكه وغيرها).

ملحق رقم (١)

البدائل التكنولوجية لمعالجى مياه الصرف الصناعي

Flow Equalization	Code A
☐ Alternating flow diversion	A1
☐ Intermittent flow diversion	A2
☐ Completely mixed combined flow	A3

Fats, Oil & Grease	Code O
☐ Gravity separation, coalescing gravity system	O1
☐ Gravity separation, chemical enhanced system	O2
☐ Dissolved air flotation, DAF	O3
☐ Centrifugation	O4
☐ Filtration	O5
☐ Biological removal	O6
☐ Ultrafiltration	O7

Suspended Solids	Code D
☐ Sedimentation, Gravity clarifiers & thickeners	D1
☐ Flotation, DAF	D2
☐ Sedimentation, centrifugal	D3
☐ Filtration, cake type (filters, presses, vacuum (filters, belt filters)	D4
☐ Filtration, deep bed (Granular bed filters, cartridge filters)	D5
☐ Screening	D6
☐ Microstrainers	D7
☐ Chemical assisted primary treatment (CAPT) (coagulation, flocculation and sedimentation)	D8

Neutralization	Code
☐ Batch neutralization system	N1
☐ Continuous flow systems	N2
☐ Neutralization with flue gas or waste CO_2	N3

Biodegradable Organics (BOD)	Code B
☐ Activated sludge (AS), Conventional	B1
☐ AS, Oxidation ditch	B2
☐ AS, Sequencing batch reactor, SBR	B3
☐ AS, Contact stabilization	B4
☐ AS, Pure oxygen aerated activated sludge process	B5
☐ Aerated lagoons	B6
☐ Trickling filters	B7
☐ Rotating biological contactors	B8
☐ Biological aerated filters, BAF	B9
☐ Aeration sedimentation unitank cyclic operation system	B10
☐ Anaerobic contact coupled with aerobic polishing	B11
☐ Anaerobic lagoons	B12
☐ Anaerobic packed bed	B13
☐ Upflow anaerobic sludge-blanket	B14
☐ Fluidized bed reactors	B15
☐ Anaerobic contact process	B16
☐ Anaerobic contact coupled with membrane solids separation	B17

(تابع) ملحق رقم (١)

البدائل التكنولوجية لمعالجى مياه الصرف الصناعي

Heavy Metals	Code H
☐ Chemical precipitation, hydroxide	H1
☐ Chemical precipitation, sulfide	H2
☐ Chemical precipitation, other	H3
☐ Chromium reduction	H4
☐ Cyanide, chemical oxidation	H5
☐ Cyanide, alkaline hydrolysis	H6
☐ Ozonation	H7
☐ Ion exchange	H8
☐ Adsorption	H9
☐ Membrane processes	H10
☐ Evaporation systems	H11
☐ Electrochemical processes	H12
☐ Anaerobic biosorption process	H13

Dissolved Inorganic Solids	Code K
☐ Chemical precipitation	K1
☐ Ion exchange	K2
☐ Ultrafiltration	K3
☐ Reverse Osmosis	K4
☐ Electrodialysis	K5

Toxic Compounds & Refractory Organics	Code G
☐ Air stripping	G1
☐ Steam stripping	G2
☐ Carbon adsorption	G3
☐ Chemical oxidation	G4
☐ Super critical fluids extraction	G5
☐ Membrane processes	G6
☐ Biological treatment, conventional	G7
☐ Biological treatment, powdered carbon - activated sludge system (Zimpro PACT process)	G8
☐ Biological treatment, SBR	G9
☐ Biological treatment, anaerobic	G10

Nutrients	Code T
☐ Phosphorus removal	T1
☐ Air stripping of ammonia	T2
☐ Steam stripping of ammonia	T3
☐ Ion exchange for ammonia and nitrate removal	T4
☐ Breakpoint chlorination	T5
☐ Ammonium and phosphate removal, MAP process	T6

Treated Effluent Disposal	Code X
☐ Discharge to public sewers	X1
☐ Discharge to surface water bodies	X2
☐ On-site restricted irrigation	X3

Sludge Treatment	Code Y
☐ Aerobic digestion	Y1
☐ Anaerobic digestion	Y2
☐ Gravity thickening	Y3
☐ Chemical conditioning	Y4
☐ Flotation thickening	Y5
☐ Thermal conditioning	Y6
☐ Centrifugation	Y7
☐ Vacuum filtration	Y8
☐ Pressure filtration	Y9
☐ Sand bed drying	Y10
☐ Combined sludge stabilization, thickening and storage	Y11

Sludge Disposal	Code Z
☐ Sanitary land disposal	Z1
☐ Incineration	Z2
☐ Land application	Z3
☐ Sludge lagoon	Z4

ملحق رقم(٢)

القوانين المنظمة للصرف الصناعي بجمهورية مصر العربية

المقياس جزء في المليون أو مجم/لتر (مالم يذكر غير ذلك)	قانون ٤/٩٤: الصرف على البيئة الساحلية	قانون ٩٣/٦٢: الصرف على شبكة الصرف (المعدل بالقرار ٩/٨٩)	قانون ٤٨/٨٢			
			التخزين تحت الأرض وفروع النيل/القنوات	النيل (المجرى الرئيسي)	ماء سطحي غير عذب: بلدية	ماء سطحي غير عذب: صناعة
الأكسجين الحيوي الممتص (٥ أيام، ٢٠°م)	٦٠	٤٠٠>	٢٠	٣٠	٦٠	٦٠
الأكسجين الكيماوي الممتص (برمنجنات)	•	٣٥٠	١٠	١٥	٤٠	٥٠
الأكسجين الكيماوي الممتص (داي كرومات)	١٠٠	٧٠٠>	٣٠	٤٠	٨٠	١٠٠
رقم الأس الهيدروجيني	٦-٩	٦-١٠	٦-٩	٦-٩	٦-٩	٦-٩
الزيوت والشحوم	١٥	١٠٠>	٥	٥	١٠	١٠
درجة الحرارة(°م)	١٠°م حرارة جسم المستلم	٤٠>	٣٥	٣٥	٣٥	٣٥
المواد الصلبة العالقة	٦٠	٥٠٠>	٣٠	٣٠	٥٠	٦٠
المواد الصلبة القابلة للترسيب	•	•	•	•	•	•
المواد الصلبة الذائبة	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٨٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠
الفوسفات	٥	٣٠	١	١	•	١٠
الأمونيا	٣	١٠٠>	•	•	•	•
النيترات	٤٠	٣٠>	٣٠	٣٠	٥٠	٤٠
الفينول الكلي القابل للاسترجاع	١	٠,٠٠٥>	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	•	٠,٠٠٥
الفلوريد	١	١>	٠,٠٥	٠,٠٥	•	٠,٥
الكبريتيد	١	١٠>	١	١	١	١
الكلورين	•	١٠>	١	١	•	•
المنظفات الصناعية	•	•	٠,٠٥	٠,٠٥	•	•
العد الاحتمالي للمجموعة القولونية/١٠٠ م٣	٥٠٠٠	•	٢٥٠٠	٢٥٠٠	٥٠٠٠	٥٠٠٠
الألومونيوم	٣	•	•	•	•	•
الزرنيخ	٠,٠٥	•	٠,٠٥	٠,٠٥	•	•
الباريوم	٢	•	•	•	•	•
البريليوم	•	١٠>	•	•	•	•
الكادميوم	٠,٠٥	١٠>	٠,٠١	٠,٠١	•	•
الكروم	١	إجمالي المعادن: <١٠، <٠.٥م٣/يوم <٥، <٠.٥م٣/يوم	•	•	إجمالي التركيز لمجموعة المعادن لا يزيد عن ١ لكل مجاري السريان	
الكروم متعدد التكافؤ	•		٠,٠٥	٠,٠٥		
النحاس	١,٥		١	١		
الحديد	١,٥		١	١		
الرصاص	٠,٥		٠,٠٥	٠,٠٥		
المنجنيز	١		٠,٥	٠,٥		
الزئبق	٠,٠٠٥	١٠>	٠,٠٠١	٠,٠٠١	•	•
النيكل	٠,١	١٠>	٠,١	٠,١	•	•
الفضة	٠,١	١٠>	٠,٠٥	٠,٠٥	•	•
الزنك	٥	١٠>	١	١	•	•
السيانيد	٠,١	٠,١>	•	•	•	٠,١
إجمالي المعادن	•	إجمالي المعادن: <١٠، <٠.٥م٣/يوم <٥، <٠.٥م٣/يوم	١	١	١	١
المركبات العضوية	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
المبيدات	٠,٢	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
اللون	عديم اللون	عديم اللون	عديم اللون	ع. اللون	ع. اللون	ع. اللون

• غير متاحة

ملحق رقم (٣)
أهم معايير تلوث المياه

١) **المواد الصلبة العالقة والعكاره :**

تعتبر هذه المواد أحد أهم المؤشرات الهامة عند تحديد نوعية المياه في المجالين الصناعي والإستهلاكي الآدمي ، بالنسبة للمياه المستخدمة للشرب أو الداخلة لشبكة التوزيع فإن عكارتها لا يجب أن تزيد عن وحدة عكرة واحدة وذلك لاعتبارات صحية ولقد وضع هذا الحد الأقصى لضمان كفاءة عملية التطهير بالكلورين حيث تقوم المواد العالقة بحماية الكائنات الدقيقة من التعرض للكلورين والمواد العالقة والعكرة تقلل من القيمة الذوقية والانتفاعية للمياه ، وبالإضافة إلى أن العكارة ضارة بيئياً فهي خطرة على النشاطات الإنسانية التي تؤدي تحت سطح الماء مثل الغطس وخلافه لحجبها مجال الرؤية.

الآثار السلبية للمواد العالقة والعكارة عند تواجدها في البيئة البحرية تتمثل بالآتي :

*) تقلل من نفاذ الأشعة الضوئية لبعض الأحياء البحرية الضرورية لنموها مثل الشعاب المرجانية والتي هي من أهم بيئات البحر الأحمر والخليج العربي.

*) التأثير المباشر على الأسماك من خلال قتلها أو التقليل من معدل نموها عند التداخل مع عملية التنفس من خلال تغطية الخياشيم.

*) التأثير على تطور الأجنة في البيض وكذلك على تطور اليرقات.

*) تغيير البيئة الطبيعية للأسماك.

*) التقليل من الغذاء المتاح وذلك لحجب الضوء مما يؤثر على غذاء الأسماك والأحياء القاعية.

*) الموت الجماعي لأغلب الأحياء القاعية المتعرضة للعكارة إذا كانت هذه المواد من النوع الضار.

أما بالنسبة للمواد المترسبة التي تُغطي قاع أجسام المياه فإنها يمكن أن تُدمِّر مجاميع الكائنات التي تعيش على القاع وتُعرقل عملية التلقيح والتكاثر بتغطية البيض الجاثم في مكامن الشعاب. وفي حالة وجود مرسبات عضوية فإن الأوكسجين الذائب يُزال من المياه. ويمكن للطمي أن يلتصق بالبيض ويمنع تبادل الأوكسجين. وفي المياه ذات التيارات الجارية تسبب المرسبات العضوية خللاً في التوازن الطبيعي مما يؤدي إلى زيادة كائنات أخرى غريبة عن تلك البيئات التي تعيش على القاع.

كما وأن هذه المواد قد تكون السبب الرئيسي في إرتفاع درجة الحرارة لسطح الماء لامتصاص جزيئات المواد العالقة للضوء وبذا تمنع عملية الخلط العمودي للماء وإنتشار الأوكسجين للأجزاء السفلى من الجسم المائي ، لذا فإن العكارة من أخطر المواد الملوثة لشمولية نطاق أثرها البيئي.

٢) <u>الزيوت والشحوم والهيدروكربونات الذائبة</u> :

تختلف هذه المركبات من حيث التطاير والذوبان ومقاومتها للتحلل ، فيرقات الكائنات البحرية والأحياء القاعية هي أشد الكائنات تأثراً بملوثات البترول وخاصة المركبات القابلة للذوبان عند تركيز ١ر٠ ملليجرام/لتر ، فتسبب هذه الملوثات في التدَّخُل في العمليات الفسيولوجية والخلوية للكائنات مثل التغذية والتكاثر مما يؤدي إلى مشاكل طويلة المدى. وتظهر هذه الإضطرابات عند تراكيز لمنتجات البترول تتراوح بين ١٠ – ١٠٠ ميكروجرام/لتر.

ومنتجات البترول تضر بالبيئة البحرية حتى عند تراكيز قليلة قد تصل إى ١ ميكروجرام/لتر. وتُمثل قدرة الكائنات على تركيز ملوثات البترول داخل أجسامها أثراً على الصحة حيث يؤدي ذلك إلى إحتواء لحومها على بعض المكونات المسببة للسرطان بالإضافة إلى تغيُّر في طعم لحومها فقد ثبت أن المحار يتغير طعم لحمه عند تعرضه إلى عشرة ميكروجرام/لتر من الزيت الخام وأن بعض المواد مثل البنزوبايرين الموجود في الزيت الخام مسبباً للسرطان في الإنسان ، وهذه المواد تُخزّن في الأنسجة الدهنية دون تغيير. ويُخزّن الزيت ومنتجاته أيضاً في رواسب القاع وفي حالة الترسيب في طبقة خالية من الهواء فإن الزيت ومنتجاته السامة يظلان لمدة طويلة بدون تغيير حيث أن معدل التحلل البكتريولوجي في هذه الطبقة يعتبر بطيئاً جداً ، ويكون لهذه الزيوت غير المحللة تأثيرات سلبية طويلة المدى على تكوينات القاع أو دمار الكائنات الحساسة منها. وفي البيئة البحرية تسبب الزيوت الطافية غرق الطيور البحرية لفقدانها القدرة على الطفو والطيران ، وكذلك فقدانها القدرة على الحركة والطيران ، كذلك يؤدي إلى هلاك الأسماك عندما يكسو الزيت الخياشيم ويعيق التنفس وبالإضافة إلى الآثار التشويهية لاتساخ الشاطئ والشريط الساحلي بكرات القار والزيت فإنه يقضي على الحياة البيولوجية على الشاطئ وفي الرمال. كما وأن كتل الزيت والزيت الذائب من الممكن أن تُهدد المنشآت الصناعية ومحطات القوى الكهربائية التي تعتمد على المياه البحرية في التبريد. أما محطات التحلية فإن هذه الزيوت الذائبة المسببة للسرطان يمكن أن تظل في المياه حتى بعد التحلية لقدرتها في المرور عبر وسائل التحلية المختلفة لحملها خصائص قد تكون مشابهة لخصائص الماء في عمليات التبخير والتقطير وتصبح مهددة للصحة. كما أن إستخدام المشتتات المذيبة للدهنيات لإزالة هذه

التسربات البترولية والزيتية تجعل الماء غير مستساغ وغير مقبول للإستهلاك.

٣) السيانيد – **Cyanide** :

يعتبر هذا العنصر من المواد السامة حيث يتراوح الحد الأدنى لسُميته المؤثرة بشكل حاد على الإنسان من ٥ر٠ إلى ٥ر٣ ملجم/كجم من وزن الجسم ، أي في حدود ٣٥ إلى ٢٤٥ ملجم للشخص البالغ الذي يزن ٧٠ كجم ، يمتص السيانيد سريعاً في الجهاز الهضمي وتشمل الأعراض بعد حدوث التسمم ، فقداً لحساسية الأطراف ، إضطراب عقلي ، ذهول ، زُرقة البشرة نتيجة نقص الأكسجين ، تشنجات وغيبوبة.

أما سميته غير الحادة فإن أعراضها تظهر في صورة صداع ، الإحساس بتصلب الحلق والصدر وسرعة ضربات القلب وضعف العضلات ، وعند التعرض لكمية غير مؤثرة فإن السيانيد يتم التخلص منه عن طريق تبادل الغازات في عملية التنفس وتعتمد شدة وفترة التسمم على الكمية والحالة الطبيعية للفرد.

ومن المعروف أن التأثيرات البيئية الناتجة عن السيانيدات تكمن في كبح عمليات الإستفادة من الأوكسجين وذلك بتعطيل قدرة الأنسجة على تبادل الأوكسجين والتأثير السام يحدث عندما تكون جرعات السيانيد تزداد بإنخفاض الأوكسجين الذائب في الماء وإرتفاع درجة الحرارة وذلك لارتفاع معدل التحوُّر الغذائي في الأسماك ، السيانيدات تعتبر شديدة السمية لأغلب الأسماك وذلك في درجات تركيز من ٥٠ إلى ٢٠٠ ميكروجرام/لتر وتؤدي الجرعات المزمنة أو الخطرة إلى زيادة الإفرازات في أمعاء الأسماك وتضعف من قدرتها على السباحة والتحمُّل.

يوجد السيانيد ومركباته في كثير من الصناعات لما له من أهمية في العديد من الأنشطة الصناعية. ويعتمد تكوين حامض الهيدروسيانيك السام على درجة حموضة الماء ، ويوجد بكميات محسوسة عند إرتفاع درجة حموضة الماء ويتناقص مع زيادة قلوية الوسط المائي. وتتفاعل أيونات السيانيد مع العديد من أيونات المعادن الثقيلة مكونة مركبات السيانيد المعدنية المعقدة إلا أن مركبات السيانيد مع الزنك أو الكادميوم غير ثابتة وذلك في الوسط الطبيعي أو الحامضي وتتحلل بسرعة في الماء معطية حامض الهيدروسيانيك. وعلى الصعيد الآخر نجد أن مركبات سيانيد الكوبالت شديدة الثبات وكذلك مركبات سيانيد الحديد في غياب أشعة الشمس ، لهذا نجد أن إنطلاق أيونات السيانيد السام وبالتالي تكون حامض الهيدروسيانيك يحدث خلال النهار حيث أن التفاعل اثناء الليل قد ينعكس منتجاً مركبات أقل سمية.

٤) الزئبـــــق :

يظهر التسمم الحاد بالزئبق عند تعاطي أملاحه حيث يؤدي إلى إلتهاب معوي حاد مصحوب بإسهال شديد وإنهيار ، وفي هذه المرحلة الحادة يبدأ أثر إمتصاص الزئبق على أنابيب الكلية مسبباً نخراً بهذه الأنابيب وإنقطاع البول وفشل كلوي.

أما عند إستنشاق بخار الزئبق في حالته العضوية فأول ما يظهر من الأعراض هو شكاوى غير محددة كفقدان الشهية والأرق والتعرق بكثرة ثم يبدأ ظهور أعراض الخلل السلوكي المتصف بعدم ثبات الحالة العاطفية كأن يظهر على المريض علامات خجل شديد أو نوبات بكاء أو فقدان ثقة بالنفس ومخاوف غامضة وعدم قدرة على أداء أبسط الأعمال أو نوبات من الغضب تنقلب إلى عدم إكتراث مصحوب بالأرق أو فقدان الذاكرة.

أما في حالات التسمم المزمن بالزئبق فتظهر الأعراض على شكل إلتهابات باللثة وزيادة إفراز اللعاب ورعشة باليدين تتضح في تغير شكل الكتابة بالنسبة للمتسمم وفي الحالات الشديدة تكون حالة المريض ذهنية صرفه مع ميول إنتحارية وهلوسة.

أما في حالة التسمم بميثيل الزئبق فقد تظهر الأعراض بعد فترة من الزمن تمتد إلى ستة أسابيع نظراً لكون هذا السم تراكمياً والأعراض الرئيسية للتسمم بهذا المركب هي تنميل بالأطراف وخذل وترنح مخيخي وقصور بصري في صورة تضييق مركزي بمجال الرؤية ويكون الترنح من الشدة بحيث يعوق المشي والقيام بأي أعمال ولو بسيطة.

وينتشر الزئبق في البيئة على مدى واسع غير أنه ليس عنصراً أساسياً للحياة. فمن المعروف عن الزئبق خاصية سميته العالية ، لذا يستخدم في الأغراض الطبية والزراعية وكمبيد للفطريات وللجراثيم. وقد ثبت طبياً أن الزئبق يصيب الإنسان والحيوان بالتسمم. كما حدث في كل من اليابان والعراق وباكستان وجواتيمالا من جرّاء أكل دقيق وحبوب عولجت بمركبات إيثيل الزئبق ، ويوجد الزئبق في البيئة في مركبات متعددة تبدأ من العنصر نفسه وحتى الأنواع الذائبة العضوية وغير العضوية ، والكائنات الحية الدقيقة لها القدرة على تحويل مركبات الزئبق العضوية وغير العضوية إلى ميثيل وثنائي ميثيل الزئبق وهي مركبات سامة جداً لذا فإن جميع مركبات الزئبق تعتبر مصادر خطرة على البيئة وخاصة أنه تبين أن ميثيل الزئبق يمكن تكوُّنه تحت الأحوال الطبيعية للحرارة ودرجة الحموضة.

وللأسماك والكائنات البحرية قدرة خاصة على تركيز أملاح الزئبق في أجسامها من المياه الملوثة بهذه الأملاح ويكون إستهلاك

هذه الأسماك كغذاء مصدراً من مصادر التسمم المزمن بالزئبق كما حدث في خليج ميناماتا باليابان وسمي التسمم الناتج بداء ميناماتا.

ويعد الزئبق من غرائب الطبيعة ، فهو المعدن الوحيد الذي يوجد سائلاً عند درجة حرارة الغرفة ، ونتيجة لهذه الخاصية الفريدة بالإضافة إلى تمدده بالحرارة بقيم موحدة وكذلك خاصية توصيله للكهرباء بصورة طيبة ، دخل الزئبق في إستخدامات خاصة من بينها معدات المختبرات. ويستخدم بعضه في الإضاءة وفي المصنوعات الكيميائية. أما إستخدامه في بطاريات الخلايا الجافة أو كناقل كهربي في الخلايا الكهرولية فيتم التخلص التدريجي منه. ويستخدم معظم الزئبق في تصنيع المواد الكيميائية الصناعية ، وفي الاستخدامات الكهربية والإلكترونية ، بما في ذلك إستخدام جديد في الحواسب الإلكترونية والتلفزيونات ذات الشاشات المسطحة. ويوجد في أنابيب إضاءة الفلورسنت ، ونادراً ما يوجد الزئبق في عملية نموذجية لاسترداد إعادة تدوير معدن غير حديدي ، ولا يزال الزئبق يستخدم من جانب عمال التنجيم الحرفيين لتجميع الذهب من خامه ، ولكن هذه الممارسة ليست سليمة بيئياً ، ويمكن لميثيل الزئبق أن يتوافر في الطبيعة من الزئبق البدائي ، وهو أحد التهديدات السمية متناهية الخطورة التي عرفت حتى الآن ، ويمثل خطورة شديدة على عمال التخلُّص من/ عمال تدوير نفايات الزئبق.

الأبخرة المتصاعدة من الزئبق تضر بالصحة ، وينبغي لحاوياته أن تُغطى بإحكام ، وينبغي تنفيذ جميع العمليات التي يدخل فيها معدن الزئبق في منطقة جيدة التهوية ، أو داخل نظام مغلق لمنع تراكم ابخرة الزئبق في مكان العمل ، وهذا على جانب كبير من الأهمية إذا كانت العملية تشتمل على تسخين الزئبق إلى ما فوق درجة حرارة الغرفة ، وهناك أخطار كذلك أكبر حجماً على الصحة العامة.

يُستخدم الزئبق في عمليات طب الأسنان لعمليات الحشو ، وتستخدم مركبات الزئبق بكميات قليلة في الطب البيطري ، وفي المتفجرات والألعاب النارية والمواد الممتازة المضادة للبكتيريا. وتوجد مركبات الزئبق الموجهة لإعادة التدوير كسبائك الزئبق (ملاغم الأسنان) وكلوريد الزئبق (كالوميل) (كلوريد الزئبق) ، التي يُعاد تدويرها في المستحضرات الصيدلانية.

يُعتبر الزئبق معدن نزر يوجد في الطبيعة في بعض الخامات المعدنية ويمكن إستخلاصه من الغسالات الغازية التي توجد مُرَكَّبة في مصاهر الزنك والنحاس والرصاص.

يمكن إعادة تدوير معدن الزئبق في مرافق خاصة بواسطة التقطير الهوائي ، ومع ذلك فإن إعادة تدوير الزئبق تنطوي على مخاطر وعملية إعادة التدوير هي مصدر مهم للحصول على الزئبق ، ولا يزال الزئبق يستخدم أيضاً في المنتجات والعمليات وسوف تظل إعادة التدوير مصدراً مهماً للزئبق وذلك لتدنية إنتاج الزئبق الأولى ولوقف إعادة تدوير الزئبق داخل المجتمع تقوم بعض الدول ببحث بعض الطرق للتخلص التدريجي منه بوسائل كالتخزين فوق الأرض والتخزين الآمن القابل للإستعادة والخاضع للرصد الدقيق إلى جانب وضع سياسات للإنتاج والتسويق والاستخدام. ويجري الآن التخلص التدريجي من الكثير من استخدامات الزئبق لدى البلدان المتقدمة إلا أن هذه الاستخدامات تتزايد لدى البلدان النامية التي توجد لديها قدرة محدودة جداً عادة لمعالجة نفايات الزئبق.

٥) الزرنيـــخ :

عرف أنه عند التسمم الحاد بالزرنيخ عن طريق الجهاز الهضمي تبدأ أعراض التسمم على شكل قيئ شديد وإسهال شديد (يشبه الكوليرا) ينشأ عنه جفاف سريع وإنهيار ، ويصل أيون الزرنيخ الممتص إلى الأعضاء والأنسجة الداخلية للجسم ليفسد عمل النظم الإنزيمية المعتمدة في عملها على مجموعات السلفهيدريل.

أما في حالات التسمم المزمن بالزرنيخ فإن الأعراض التي تظهر بالإضافة إلى القئ والإسهال المذكورين في الحالات الحادة تتمثل في هزال شديد وطفح جلدي مع زيادة في سُمك الجلد ولاسيما في راحة اليدين وباطن القدمين وإعتلال عصبي متعدد ويتم التأكد من الإصابة بقياس مستوى الزرنيخ بالدم حيث من النادر أن يتعدى مقداره ٣ر٠ ملليجرام باللتر ويتم التشخيص بدقة أكثر بقياس محتوى الشعر والأظافر من الزرنيخ.

أما في حالات التسمم بغاز الآرسين والذي يتولد من معالجة المعادن المحتوية على شوائب الزرنيخ بالأحماض أثناء تنظيفها فإن الأعراض تظهر على شكل إنحلال كريات الدم الحمراء فيشعر المصاب برعشة وبآلام خاصة في موضع الكليتين ويتلون البول بلون قاتم وينشئ عن إنحلال الكريات فشل بالكليتين ، وقد يتضخم الكبد والطحال بحيث يمكن تحسسهما. وقد يتسبب التعرض المزمن للزرنيخ على مدى سنوات طويلة في زيادة الإحتمال لحدوث السرطان وخاصة الجلد.

والأكسيد الثلاثي للزرنيخ يعتبر من أهم المركبات التجارية وينتج من صهر الرصاص والنحاس الخام. والمركبات الزرنيخية تدخل بكميات كبيرة في مبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب والأشجار ، وهذا ما يفسر وجود الزرنيخ في التربة ، ويستخدم الزرنيخ بكميات ضئيلة في صناعة الزجاج والسيراميك. ويعتبر

الماء هو الوسيلة الرئيسية لنقل الزرنيخ في صورة زرنيخات في الماء الذي يحتوي على الأوكسجين ، وتسود مركبات الزرنيخ في البيئات المختزلة إلا أن الزرنيخ يمكن أن يترسب في هذه البيئات عند وجود الحديد والألمنيوم. ويدل غاز ميثيل الزرنيخ المنبعث من التربة إلى الهواء على تكوينه حيوياً داخل التربة. وتتراوح تركيزات الزرنيخ في المدن من ٠٠٢ر٠ إلى ٣ر٠ ميكوجرام لكل متر مكعب إلا أنه تم تسجيل تركيزات تفوق الميكروجرام الواحد/متر مكعب قرب مصانع صهر الحديد أو الألمنيوم ، وتزداد بصورة عامة نسب الزرنيخ في أغلب المياه الطبيعية المجاورة للأنشطة الصناعية كما وجد أن بعض القشريات البحرية إحتوت على تراكيز عالية من الزرنيخ في حين وجد أن الأسماك البحرية قد يصل فيها التركيز إلى عشرات الميللجرامات/ كيلوجرام ، وفي المصاهر فإن تعرُّض المهنيين لجرعات عالية من الزرنيخ غير العضوي لمدة طويلة قد تؤدي لأضرار في القصبة الهوائية العليا وإنثقاب الحاجز الأنفي.

ويتولد الزرنيخ كناتج ثانوي في صناعة المعادن غير الحديدية ، إلا أن مقادير قليلة منه تضاف لسبائك الرصاص لصناعة شبائك البطاريات ولتغليف الكابلات ولزيادة صلابتها ، وإذا أضيف بمقادير تصل إلى ٣% فإن الزرنيخ يُحسِّن من خصائص السبائك ذات القاعدة الرصاصية ، وتُستخدم كميات أقل في العديد من سبائك النحاس ، وقد استخدم الزرنيخ في تصنيع أنواع من الزجاج الخاص الذي ينصهر عند نقطة إنصهار دنيا ، وهو الزجاج الذي يوجد الزرنيخ فيه مُنَحَى تماماً ، وهو يُمثِّل عنصراً ضئيلاً من درجة أنصاف الموصلات ، ولا تؤدي أي من هذه الاستخدامات إلى وجود زرنيخ قابل لإعادة التدوير.

إن الزرنيخ المعدني سرعان ما تنشأ عليه طبقة أكسيد مائلة إلى اللون الأبيض ، فإذا وجدت بالصدفة البحتة زرنيخاً معدنياً فلا تحاول أن تُعيد تدويره بدون الحصول على توجيه من خبير. أما الطبقة التي تظهر فهي مثل الكثير من مركبات الزرنيخ عالية السمية ، ولا ينبغي تذويب هذا المعدن إلا بواسطة فنيين مختصين.

إن إستخدام الزرنيخ بكميات صغيرة جداً يخدم عدة وظائف في صناعة الإلكترونيات ، فهو يستخدم في تصنيع كرات زرنيخيد الغاليوم (الذي يستخدم في الهواتف النقالة وفي أشعة الليزر وما إلى ذلك) ، كما يستعمل في رقائق السليكون ، ولتصنيع غاز الزرنيخين (H_3As) ، الذي يستخدم لعمل الشعريات الشبيكة الفائقة ، والدارات المتكاملة فائقة الأداء ، كذلك فإن معدن الزرنيخ يزيد المقاومة للتآكل ، ويزيد قوة الشد التي تتمتع بها سبائك النحاس ، ويعزز الأعمدة والشباكات الموجودة في بطاريات الحمض الرصاصية. كما أن النفايات المشتملة على الزرنيخ تحتاج إلى مناولاتها مناولة فائقة العناية حيث تحدث لها عمليات النض المعدنية ، كما أن له درجة غليان منخفضة نسبياً هي ٦١٤ درجة مئوية.

تستخدم مركبات الزرنيخ كمبيدات للآفات ، وكمواد حافظة للأخشاب وكملونات للزجاج والسيراميك وفي علاجات الحيوانات. ويستهلك معظم الزرنيخ في صورة أكسيد ثلاثي ، وبصورة رئيسية في تصنيع المواد الحافظة للأخشاب المعالجة بالضغط ، وهذه الأشياء لا يحتمل أن تصبح مصادر لمواد يمكن إعادة تدويرها ومن غير المحتمل تماماً أن توجد نفايات الزرنيخ نقية في حد ذاتها.

٦) الكادميـــوم :

يُستخدم معدن الكادميوم الآن بصورة رئيسية في بطاريات النيكل – الكادميوم ، ويحظر الآن إستخدام الكادميوم كمادة طلاء لمنع التآكل وفي الأصباغ وفي المثبتات في بلدان أوروبا الشمالية ، على الرغم من أن الكادميوم لا يزال يستخدم لهذه الأغراض في بلدان أخرى. ويستخدم الكادميوم كذلك كعنصر من عناصر المكونات الإلكترونية مثل الموصلات الثانوية وفي أذرع التحكم داخل المفاعلات الذرية ، كما أن الأسمدة الناتجة من خامات الفوسفات تُمثل مصدراً رئيسياً للتلوث الإنتشاري بالكادميوم. ويُشكل ثلاثة أرباع إستهلاك الكادميوم بطاريات النيكل – الكادميوم ، ولأن هذه البطاريات يسهل جمعها لإعادة التدوير ، فإن معظم الكادميوم الثانوي يأتي من هذه البطاريات المنتهية الأجل. وينتج الكادميوم كذلك كناتج ثانوي في عملية إنتاج الزنك ، حيث يأتي بعض الكادميوم الثانوي من غبار المداخن الذي ينتج أثناء إذابة خردة الصلب المغلفنة المعاد تدويرها في الأفران التي تستخدم القوس الكهربائي. وعملية إستعادة الكادميوم من البطاريات وغبار المداخن عملية معقدة وخطيرة ، وينبغي أن تتم داخل مرفق متخصص فقط. ويمكن إستخلاص الكادميوم من عكارات مكافحة التلوث من مرافق الطلاء الكهربائي. وتنتج هذه العكارات من معالجة المياه المستعملة.

إذا وجد كادميوم خالصاً فلا تحدث منه غباراً أو أدخنة ، مثلاً عن طريق معالجته آلياً أو إذابته ، ولا يسمح إلا للتقنيين المتخصصين بإذابة معدن الكادميوم.

ومن الآثار السلبية على الصحة التي يتسبب بها معدن الكادميوم :

الإسهال ، الآم المعدة ، القئ الحاد ، كسور العظام ، إضطرابات في الجهاز التناسلي وفي بعض الأحيان حدوث العقم ، ضمور في

الجهاز العصبي المركزي ، ضمور في وظائف الجهاز المناعي بالجسم ، إضطرابات نفسية ، إحتمالية الإصابة بضمور في الصفات الوراثية أو الإصابة بمرض السرطان ، إصابة الإنسان بالتسمم الغذائي من معدن الكادميوم يكون نادراً ويحدث بشكل أكبر من تلوث البيئة أو الإستهلاك المزمن للأطعمة المحتوية على نسبة عالية من الكادميوم ، وقد أثبت هذا العنصر سميته في كثير من الأماكن وخاصة مناطق تجمع أملاح الكادميوم المتسربة من المناجم والمسابك ومخلفات مصانع الطلاء الكهربائي وأعمال الصباغة والنسيج والصناعات الكيماوية حيث أنه في إحدى الحالات أدى تناول الماء الملوث بالكادميوم إلى مرض إيتاي إيتاي بين اليابانيين حيث أصيب مائتي شخص بهذا المرض وانتهى الأمر إلى وفاة نصفهم ، والكادميوم المستنشق يذهب إلى الكليتين والكبد حيث يختزن بكميات كبيرة والتخلص منه عملية صعبة وغالباً ما تؤدي إلى فشل كلوي ، أما الأغذية التي تزرع في تربة ملوثة وتروى بماء يلوثه الكادميوم فإنها تحوي قدراً كافياً منه ليسبب ضرراً للإنسان عند إستهلاكها وبخاصة عندما تنخفض نسبة الزنك إلى الكادميوم، وبالنظر إلى الأسماك وبعض الفقاريات نجد أنها حساسة لمستويات قليلة من الكادميوم بالماء ومن المعروف أن التأثير السام للكادميوم يمكن أن يقل عند إرتفاع عسرة الماء وقلويته ، إلا أن الأحياء البحرية تستطيع تركيز هذا العنصر في أجسامها لتصبح ضارة كغذاء.

٧) الرصـــاص :

يوجد الرصاص في كل مكان في القشرة الأرضية . وكذلك فإن إنخفاض نقطة ذوبانه وسهولة تشكيل الرصاص أدى إلى دخوله في كثير من الإستخدامات منذ العصور التاريخية الأولى. أما اليوم ، فإن الإستخدام الرئيسي للرصاص هو في بطاريات

السيارات ، ونتيجة لذلك فإن إستهلاك الرصاص يزداد مع نمو إقتصاد اي بلد وإزدياد عدد السيارات فيها.

قد حدث في منتصف الثمانينات تحول كبير في إستخدام الرصاص بسبب القلق على الصحة والبيئة ، واستخدام الرصاص في منتجات غير البطاريات هو إستخدام أخذ في التناقص ، ففي الولايات المتحدة الأمريكية كمثال يذهب ٨٨% من الرصاص المستخدم إلى البطاريات ، وحوالي مليون طن (ما يعادل ٦١% من إستهلاك الولايات المتحدة الأمريكية) تتم إستعادته من البطاريات المستعملة فقط. والإستخدام الكلي للرصاص الثانوي يبلغ ٧٦% من الرصاص الذي أنتج في عام ١٩٩٩ لدى الولايات المتحدة الأمريكية. وفي عام ١٩٩٩ ، بلغ المستعاد من البطاريات الرصاص الحمضية في الولايات المتحدة ١٨% من الإنتاج العالمي للرصاص ، وهذا يوضح أهمية وسهولة إعادة تدوير الرصاص.

على المستوى العالمي ، تتألف المصادر الرئيسية للرصاص الثانوي الموجه لإعادة التدوير من بطاريات الرصاص الحمضية (المستخدمة في السيارات والجرارات والسفن والمستلزمات المكتبية) وكذلك الغبار والخبث الصادر عن المصاهر ، وأغلفة الكابلات البالية. والرصاص المستعاد من البطاريات منتهية الأجل يحتاج إلى إدارة خاصة ، كتفادي إعادة التفكيك يدوياً (عن طريق كسر البطارية بمعول) أو بحرقها في مكان مكشوف ، وفي مقرره ٢٢/٦ اعتمد مؤتمر الأطراف في إتفاقية بازل مقرراً بشأن مبادئ توجيهية تقنية للإدارة السليمة بيئياً لبطاريات الرصاص الحمضية ، وقد قدم مؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية بعض الورقات عن خبراته في مساعدة البلدان النامية في النهوض بجمع البطاريات وبمصانع الصهر (سواء الأداء التقني أو البيئي) وزيادة إعادة التدوير ، وتقبل المسابك كذلك كبريتات الرصاص الموجودة داخل

البطاريات منتهية الأجل بحيث لا يصبح من الضروري إزالتها قبل إستخلاص الرصاص منها.

إن إعادة تدوير البطاريات الرصاص الحمضية مهمة لسبب آخر هو أن إعادة التدوير تبعد هذه البطاريات عن مجاري النفايات الموجهة للتخلص النهائي ، وذلك أن الرصاص الموجود في البطاريات الحمضية الرصاصية الموضوعة في أماكن طمر غير مبطنة يمكن أن يجد طريقه إلى المياه الجوفية ما لم يدخل في تركيبات كيميائية معقدة ويُثَبت في التربة الخاصة التي تستقر فيها تلك النفايات.

يمكن إستخلاص الرصاص من حمأة مكافحة التلوث الناتجة عن معالجة المياه المستعملة في مرافق الطلاء بالكهرباء. ويمكن للرصاص كذلك أن يستخلص من نفايات القصدير ، غير أن إعادة تدوير الرصاص/والقصدير يمكن أن تكون في غاية الخطورة بسبب إنبعاثات الديوكسينات ، والبريليوم ، والزرنيخ ، والأيزوسيانات والرصاص ذاته.

ويمكن إستخلاص الرصاص من صمامات الأشعة المهبطية كالتي تستخدم في شاشات الكمبيوترات الشخصية. ويمكن تكسير زجاج الصمام وإرساله إلى المرفق لاستخلاص الزجاج أو الرصاص ، ولكن ينبغي مراعاة إدارة بعض الأخطار مثل التعرض للفوسفورات السمية وخطر التترب الرئوي بالسيلكا. وعلى العكس من ذلك يمكن للزجاج أن يستخدم في مصّهر للرصاص كمادة متدفقة. وفي أي من الحالتين فإن المرفق الذي يقوم بإستعادة الزجاج المرصص من صمامات الأشعة المهبطية يمكن أن يفصله عن المكونات الأخرى للصمام مع مراعاة عدم تهشيم الزجاج إلى جزيئات دقيقة يمكن أن يستنشقها عامل التشغيل.

تستخدم كميات ضئيلة من مركبات الرصاص في بعض اللدائن ، على الرغم من أن هذا الاستخدام يتم التخلص منه تدريجياً ، وتستخدم بعض المركبات القليلة في الطب البيطري. أما أكسيدات الرصاص والكرومات فيجوز إستخدامها في طلاءات متخصصة للمباني ، مثل الجسور وذلك بسبب مقاومتها الممتازة للتحات : والذي تكسبه لهذه الجسور بفضل هذه الطلاءات. ويستخدم الرصاص رباعي الإيثيل في الوقود كعامل مضاد للخبط (رقم الأوكتان) ، على الرغم من أن استخدامه لهذا الغرض آخذ في التناقص ، ولا يزال يستخدم الرصاص على نطاق واسع في الأسلاك المُغلّفة بكلوريد البوليفينيل (٢% - ٥%) واستخدام الرصاص بهذه الطريقة لا يتم التخلص التدريجي منه حتى الآن ، ولا يدخل هذا الرصاص في إعادة التدوير ولكنه ينبعث إذا تم حرق الأسلاك أو المواد العازلة للأسلاك.

والرصاص المستعاد وبخاصة من البطاريات لا ينبغي إذابته في مكان مكشوف ولكن داخل مصاهر مجهزة خصيصاً لهذا الغرض. وينبغي على عمال التشغيل أن يرتدوا أدوات حماية شخصية كأقنعة الأوجه المعتمدة ، وعليهم أيضاً أن يغيروا ملابسهم وأن يستحموا في نهاية يوم العمل حتى لا ينتقل غبار الرصاص إلى منازلهم.

يمكن أن تحتوي كبريتات الحديد على مقدار يصل إلى ٣% من الرصاص لزيادة قابليته للتشغيل الآلي. والرصاص لا يذوب تقريباً في كبريتات الحديد ولكنه يتشتت على هيئة كريات دقيقة. وفوق ذلك كله ، فإن إنخفاض نقطة إنصهاره تسمح له بأن يُستخدم كمادة تشحيم ، حيث يقلل من مكافئ الإحتكاك بين الأدوات والمنتج.. وهكذا ينخفض البّري الذي تتعرض له الآلات ويتحسن السطح اللامع للمنتجات.

وفي أوروبا يتألف ثلث حجم الإنتاج من كبريتات الحديد المرصصة المعاد تدويرها أو التي أعيد صهرها ، ويقوم المُورد بإستعادة نصف مجموع الخردة الداخلة في التشغيل الآلي. وأثناء عمليات فرن كبريتات الحديد ، ينبغي أخذ الحيطة من جانب المشغلين بنفس القدر الذي يأخذه عُمَّال التشغيل في إنتاج الرصاص ، على الرغم من أن القيود المفروضة تكون أقل صرامة حيث أن تركيز الرصاص يكون أقل بكثير. ويستخدم الرصاص كذلك كعنصر تسبيك (عمل السبائك) مع معادن أخرى مثل الألومنيوم ، وعادة ما يكون ذلك من أجل تيسير التشغيل الآلي.

من أهم مساوئ الرصاص على صحة الإنسان أنه يؤدي إلى إضطراب في التركيب الحيوي للهيموجلوبين وإصابة الإنسان بالأنيميا. فعندما يدخل الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسي أو الجهاز الهضمي فإنه يصل إلى الدم وعادة ما يذهب بعد ذلك إلى المخ ويترسب في العظام والأسنان ، فعند التعرض لملوث الرصاص وإرتفاع معدلاته في الجسم بكميات عالية ولفترات زمنية طويلة فإنه قد يحدث تلفاً شديداً للكلى والكبد والمخ والجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي كالآتي : يحدث للكلى إلتهاب مزمن قد ينتج عنه فشل كلوي يزداد وضوحاً عند الإصابة بالنقرس ، يتسبب في حدوث إلتهاب كبدي قد يتطور إلى تليف كبدي ودوالي في المرئ ثم إرتفاع في حموضة المعدة والاثنى عشر ، وقد تنتهي بغيبوبة كبدية ، يؤثر على الجهاز العصبي فيظهر شعور بالإرهاق والخمول وتوتر زائد وإلتهاب في الأعصاب ، تتأثر الرئتين بتهيج في أغشية الشعب الهوائية فتحدث حالات ربو ونزلات شعبية وأحياناً يحدث تليف.

ويعتبر الرصاص من المعادن التي تترسب في داخل خلايا جسم الإنسان ومع زيادة ترسبها فإن مثل هذه التأثيرات يكون لها

الأثر الكبير على الأمد البعيد ، أما في حالة تعرض الإنسان لكمية قليلة منه وبشكل مستمر ولمدة طويلة من الزمن فإن الرصاص يترسب في داخل جسم الإنسان ومع زيادة الترسب تظهر التأثيرات الآتية : إرتفاع في ضغط الدم ، ضمور في أنسجة الكلى ، الإجهاض ، حيث أن الرصاص يصل إلى الجنين من خلال المشيمة مما يسبب له ضمور في الجهاز العصبي والمخ ، إضطراب أو إعتلال في الجهاز العصبي ، تلف في خلايا المخ ، عقم للرجال نتيجة لتأثر الحيوانات المنوية بهذا المعدن ، فقد القدرة التعليمية للأطفال وإضطرابات سلوكية تظهر على الأطفال مثل العدوان ، السلوك الإندفاعي ، فرط النشاط. ومن الإعتبارات الرئيسية التي تقلق الباحثين في هذا المجال أن تعرض الأطفال لكميات عالية من الرصاص أدى إلى إصابتهم بأضرار عصبية مثل الضيق والإكتئاب والصداع والإرتجاف العضلي والهلوسة وفقدان الذاكرة وعدم القدرة على التركيز.

وتدخل معظم كمية الرصاص جسم الإنسان إما عن طريق الجهاز التنفسي مع الهواء الملوث به خصوصاً حول مصاهر ومسابك الرصاص أو عن طريق تناول الأطعمة الملوثة به ويُساهم اللحام المحتوي على الرصاص في زيادة تركيز الرصاص في المعلبات ، وبالرغم من عدم قدرة النباتات على إمتصاص الرصاص من التربة بسهولة إلا أنها تتلوث نتيجة لتساقط رذاذ الرصاص عليها من مصادر التلوث. كما يتسرب الرصاص من الأواني الفخارية التي لم يتم طلاؤها بطريقة سليمة إلى ما بداخلها من المشروبات والأطعمة وخصوصاً الحمضية منها. وتُشكل صناعة الصهر كما في مصانع بطاريات السيارات خطورة قصوى للتلوث بالرصاص ، فعند صهر الرصاص أو سبائكه فإن درجة الحرارة العالية تتسبب في تبخره إلى ذرات صغيرة قابلة للإستنشاق

مما يؤدي إلى زيادة في تسمم المهنيين بهذه الصناعة وخاصة في حالات عدم الإلتزام بتطبيق أنظمة وقوانين السلامة بشكل فعَّال.

وقد تسببت مستحضرات التجميل الكيميائية في الدول الشرقية وخصوصاً الكحل الحجري المشهور في حالات تسمم بالرصاص لاحتوائه على ٨٨% من كبريتيد الرصاص. وتزيد سرعة إمتصاصه عند صغار السن لذا فإن تركيز الرصاص في الدم يعكس الحالة الراهنة لكمية الرصاص الذي يتعرض لها الجسم. وأثبتت الدراسات إمكانية تقسيم تأثير الرصاص إلى نوعين رئيسيين هما :

<u>النوع الأول</u> : يؤدي إلى الخمول أو الوفاة ، ففي إحدى الدراسات ثبت أنه عند ٨٠ ميكروجرام/ ١٠٠ مليلتر من الدم تزداد نسبة الوفيات نتيجة لما يسببه من أمراض المخ والتهابات مزمنة في أنابيب الكلى.

<u>النوع الثاني</u> :ـفيؤثر على أعضاء وأجهزة معينة في الجسم ومن أهمها أعضاء تكوين الدم ، حيث أن القياسات المتسلسلة أثبتت نقص مستوى الهيموجلوبين في الدم عندما يكون تركيز الرصاص في الدم ٥٠ ميكروجرام/١٠٠مليلتر في البالغين ، ولم تظهر أي تأثيرات سلبية محسوسة عندما يكون التركيز أقل من ١٠ ميكروجرام/١٠٠مليلتر.

٨) <u>النيكـــــل</u> :

إن تعرض الإنسان لكمية كبيرة من ملوث النيكل يؤدي لمخاطر صحية مثل : زيادة مخاطر التعرض لسرطان الرئة ، سرطان الأنف ، سرطان الحنجرة ، وسرطان البروستات ، والشعور بالدوار والإعياء بعد التعرض لغازات النيكل ، الإصابة بالصمامة الرئوية ، فشل الجهاز التنفسي ، التشوهات الخلقية

للجنين ، الربو ، إلتهاب الشعب الهوائية ، إضطرابات في القلب.
أمراض الحساسية والتي قد تمر بمراحل عديدة مثل: الهرش والذي يستمر لمدة أربعة أيام قبل حدوث الطفح الجلدي .. ومع بداية ظهور الطفح الجلدي الذي يكون لونه وردياً وحويصلي ويسمى في هذه المرحلة بإسم (Follicular Erythematous) مما يؤدي إلى تكون تقرحات على الجلد ، وبمجرد إصابة الإنسان مرة واحدة بالحساسية من النيكل ، تظهر هذه الحساسية فيما بعد مع كل تعرض له.

وقد تم تصنيف النيكل طبقاً للوكالة الدولية لأبحاث السرطان في مجموعتين :

<u>المجموعة الأولى</u> : مركبات النيكل المسببة للسرطان في الإنسان وهنالك أدلة كافية تثبت ذلك.

<u>المجموعة الثانية</u> : تصنف النيكل نفسه بأنه إحدى العوامل المحتملة أن تُساهم في إصابة الإنسان بالسرطان ولازالت الأبحاث جارية في هذا المجال.

ويدخل النيكل إلى البيئة من عدة مصادر وعلى رأسها التعدين والتصنيع كمكون لمنتجات الصلب والمعادن الأخرى والمجوهرات وتتفاوت سمية النيكل في البيئة حيث تعتمد في تأثيرها على نوع الكائن والأس الهيدروجيني في الماء وكذلك تأثيرات المواد المحفزة أو المساعدة ، ولقد وجد أنه حتى عند تركيزات أقل من ١٠٠ ميكروجرام/لتر لعنصر النيكل فإن من شأنها الأضرار بالحيوانات المائية ومنها موقع نمو النفذ البحري الذي يتأثر تماماً عند ٦٠ ميكروجرام/لتر ، بينما تكون الجرعات المميتة لأجنة المحار بعد ٤٨ ساعة من التعرض لتركيزات تتراوح ما بين ٧٤ر٠ – ١٨ر١ ميكروجام/لتر وكذلك فقد أعلن أن ٩٥ ميكروجرام/لتر من النيكل

تتسبب في تقليص ٥٠% من تكاثر برغوث البحر كما أن ٣٠ ميكروجرام/لتر تقلل التكاثر بنسبة ١٦% . وقد تبين أن أملاح النيكل ضارة بالنباتات حيث أن ٥ر٠ - ٠ر١ ملجم/لتر لعنصر النيكل يكون ساماً لعدد من النباتات مثل أشجار الحمضيات وبراعم الطماطم.

٩) الكروميوم :

الكروم السداسي التكافؤ يسبب تهيج وتآكل الأنسجة المخاطية ويمتص الكروم مع الطعام أو التنفس أو عن طريق الجلد. وبينت التجارب أن هناك علاقة بين تسمم الكروم وسرطان الرئة وتقرح وظهور فجوات في الحاجز الأنفي بجانب عدة مضاعفات تنفسية مختلفة وأعراض جلدية. وتختلف سمية الكروم في الماء باختلاف نوع الكائن الحي وتكافؤ الكروم والتركيز الهيدروجين ، ومن الظاهر أن الحيوانات اللافقارية أكثر حساسية لتأثيرات الكروم السامة عن الأسماك التي هي نسبياً أكثر تحملاً ، كذلك من المعروف أن الكروم السداسي التكافؤ أكثر سمية من الثلاثي التكافؤ. وقد ثبت أن حيوانات الدافنيا (برغوث البحر) يفقد ١٦% من قدرته التناسلية عند تعرضه لــ (٤٥ مجم كربونات كالسيوم/لتر) لتركيز كروم ثلاثي مقداره ٣٣ر٠ مجم/لتر كذلك يخفض الكروم السداسي التكافؤ عند تركيز ٥ مجم/لتر ولمدة أربعة أيام التمثيل الضوئي بمقدار ٥٠% في عشب البحر العملاق. ومن المحتمل أن يسبب محلول الكروم المحتوي على ٥٠ ميكروجرام/لتر مشاكل جلدية عند الإستحمام لذا فإن المياه المستخدمة للنشاطات الإنسانية يجب أن لا يزيد تركيز الكروم الكلي فيها عن ٥٠ ميكروجرام/لتر.

الكروم عامل مساعد في صناعة السبائك ، ويستخدم في الصلب والعديد من السبائك الفائقة المختلفة ذات القاعدة النيكلية

والكوبلطية ، وسبائك القاعدة الألمونية ، وسبائك المقاومة الكهربائية ، والحبيبات الخشنة ، والمساحيق كما يستخدم في الطلاء الكهربي ، وليس من الضروري إتخاذ إحتياطات خاصة عند مناولة معدن الكروم أو سبائكه.

إن سبائك الكروم مثل أنواع الصلب غير القابل للصدأ والسبائك الفائقة ، مطلوبة بكثرة لإعادة تدويرها وتجري إعادة تدوير معظم الكروم كمكون من مكونات الصلب غير القابل للصدأ ليعود صلباً غير قابل للصدأ ولا يوجد إلا القليل جداً من الكروم الذي يوجد في حد ذاته أو الذي يعاد تدويره ككروم.

مركبات الكروم سداسي التكافؤ [Cr_6+ or Cr(VI)] هي مركبات خطيرة. ويوجد هذا الشكل من الكروم في محاليل الطلاء ، ويمكن إزالته بإضافات كيميائية ، ومع ذلك فإن بعض هذه المحاليل لا تزول بماء الشطف ، فإذا تم تقليل حجم الكروم سداسي التكافؤ في محاليل الطلاء أي إذا تم التخلص منها فإن الكروم يمكن إستعادته من العكارة التي تنشأ بعد ذلك لعلاج المياه المستعملة ، وبالرغم من وجود بعض المصاعب عامة في تحقيق نقاء المنتج والتركيزات المطلوبة كتكلفة إقتصادية جذابة ، وفي الظروف المواتية ، فإن الكروم سداسي التكافؤ يمكن أن يعاد تدويره. وتقوم معظم محلات الطلاء الكبرى بإعادة تدوير مياه الشطف لديها إلى حد ما ، وكذلك فإن هناك مواقف كثيرة تنشأ يكون أفضل خيار بيئي عملي فيها هو إعادة تدوير النفايات المحتوية على الكروم سداسي التكافؤ دون إختزاله كيميائياً أولاً (إما داخل عملية ، أو إذا كانت النفاية المعنية مناسبة كيميائياً ومادياً ، في مرفق تصنيع كيماويات الكروم) ويتم تحديد مركبات الكروم سداسي التكافؤ عادة بكميات صغيرة جداً عندما تكون موجودة إلا في حالة معالجة الأخشاب حيث يكون وجود الكروم سداسي التكافؤ في المنتج الخشبي المعالج

كبيراً (< ٩ر٩٩%) ولأن عناصر الإختزال طبيعية في الخشب ، فإن الكروم سداسي التكافؤ يكون من الصعب وجوده حتى بكميات ضئيلة جداً.

يستخدم الكروم سداسي التكافؤ لما يحتوي عليه من خصائص قادرة على الحفظ ، وكملح قابل للذوبان في الطلاء الكهربي بمعدن الكروم ، أما في الدباغة فإن الشكل سداسي التكافؤ [(كَشَبْ الكروم $KCr(SO_4)_2$)] هو الذي يستخدم عادة. وفي معالجة الأخشاب لا يكون الكروم سداسي التكافؤ هو المادة الحافظة (إذا كان الكروم يقوم فعلاً بوظيفة الحفظ على الإطلا). ويعمل الكروم كعامل تثبيتي ، ويوجد في الأخشاب المثبتة بصورة سليمة في شكل سداسي التكافؤ. والكروم سداسي التكافؤ المُعقَّد كيميائياً في الخشب المعالج يختلف إختلافاً بيناً عن حامض الكروم ومركبات الكروم سداسية التكافؤ الأخرى المستخدمة في المعالجة الأصلية.

ويمكن إستخلاص الكروم من عكارات مكافحة التلوث من مرافق الطلاء الكهربي وتنشأ هذه العكارات من معالجة المياه المستعملة. ويمكن أيضاً إستخلاص الكروم من عدد من المواد الحفازة المستعملة المختلفة ومن الأغبرة المعدنية.

١٠) <u>النحـــــاس</u> :

معظم مركبات النحاس غير خطيرة ، ومعدن النحاس وسبائكه (مثل كبريتات الحديد والبرونز) مطلوبة كثيراً للإسترداد وإعادة التدوير والإستخلاص ، ومثله مثل الزنك.

ويوجد القليل منها كنواتج وسيطة أو كعناصر كيميائية تدخل في العمليات التي تتم في المصاهر. أما الكثير منها فلا يغادر

المصهر ، حيث يتم إستخلاصه عادة. وتستثنى من ذلك محاليل التنميش الآكالة (etching solutions) التي تشتمل على النحاس من تصنيع لوحات الدارات الكهربائية. ويمكن إستعادة هذه المحاليل لتأخذ شكلاً سهل الاستخدام ، ومن ثم يسهل إعادة تدويرها. وتقوم التفاعلات الكيميائية بهذه الوظيفة أو بإستعادة النحاس ، ولابد لاستعادة النحاس من أن يتم على أيدي خبراء يكونون في بعض الأحيان هم القائمين بتقديم محاليل التنميش الآكالة.

ينبغي ايلاء إعتبار خاص للتجميعات الكهربائية والإلكترونية أو للمكونات الخطرة المحتوية على خردة. وكما أن ترميد الخردة الكهربائية والإلكترونية وترميد الكابلات يُنتج ابخرة خطيرة ويحتاج إلى ضوابط بيئية. فينبغي تقشير الأسلاك الكهربائية وعدم حرقها. فبمجرد تقشيرها تنتفي الخطورة عن الأسلاك الكهربائية التي توجه إلى الإذابة لأنها تكون نحاساً عالي النوعية جداً.

ويمكن إستخلاص النحاس كذلك من مختلف أنواع الخبث والرماد والكدارات (drosses) والمواد الحفَّازة (catalysts) والغبار وكذلك من العكارات (sludges) ، كما يحدث من معالجة المياه المستعملة في مرافق الطلاء الكهربائي. والنحاس هو أحد المعادن الأوسع إستخداماً وأكثرها إستعادة وإعادة تدوير وإستخلاصاً ، ويرجع ذلك إلى أسباب من بينها أنه يسهل استعادته نظراً للمظهر المميز للمعدن وسبائكه.

يحتاج صهر النحاس إلى معدات مكافحة تلوث حديثة. والنحاس المتحصل من الخردة الإلكترونية قد يشتمل على البريليوم الذي ينبغي ، بسبب خطورته على الصحة ، أن يتم اسره بواسطة معدات مكافحة التلوث.

وإذا تم طحن الخردة الإلكترونية المحتوية على النحاس لاستعادته ، فإنه عندئذ ينبغي التحكم في الغبار وأسره ، ذلك أن الطحن يمكن أن يطلق غباراً يحتوي على البريليوم.

الآثار المحتملة للنحاس كملوث تعتمد على طريقة التعاطي معه ، فالتعرض على الأمد الطويل لمعدن النحاس يسبب تهيُّج للأنف والفم والعين ، كما يُسبب الصداع ، الآم المعدة ، الدَّوار ، القيء ، الإسهال ، أما التعرُّض الصناعي لأدخنة النحاس يؤدي إلى إصابة الإنسان (بحمى الدخان المعدنية – Fever Metal Fume) مع تغير في الأغشية المخاطية للأنف ، أما التسمم المزمن فإنه يصيب الإنسان بمرض ويلسون (Wilson Disease) وتتمثل أعراضه في التليف الكبدي ، وتلف خلايا المخ ، أمراض الكلى ، ترسبات النحاس في القرنية ، في حين أن التعرض المهني لهذا المعدن وارد أيضاً وهذا ما يعرف (بالحمى المعدنية – Metal) Fever حيث تشبه أعراضها الأنفلونزا ، وتحدث هذه الحمى نتيجة للحساسية الزائدة من النحاس ، وهناك مقالات علمية تشير إلى الصلة بين التعرض الطويل للتركيزات العالية من النحاس وبين إنخفاض القدرة الذكائية لبعض المراهقين الصغار.

ويدخل النحاس في صناعة المنتجات الكهربائية والنقود وطلاء المعادن وتستخدم أكاسيد كبريتات النحاس غالباً في صناعة المبيدات الحشرية والنباتية والفطرية وكذلك تدخل في صناعة الدهانات والمواد المانعة لتسوس الأخشاب. ويُعتبر النحاس من المواد الضرورية لنمو النباتات لتداخله في عدة عمليات إنزيمية لازمة لتصنيع الكلوروفيل. ويؤدي نقص النحاس بالتربة إلى مرض الشحوب الخضيري (إصفرار أوراق النبات) كذلك يعتبر النحاس فلزاً هاماً لنمو الحيوانات حيث يدخل في مكونات دم اللافقاريات وتكوين الهيموجلوبين. وفي بعض اللافقاريات يقوم النحاس بدور

الحامل للأوكسجين في الدم إلا أن دخول النحاس بكمية كبيرة في طعام الثديات يؤثر عليها. ولقد ثبت أن جرعات مستفيضة من النحاس ولمدة طويلة يؤدي إلى تلف للكبد. ويتطلب نمو الأطفال حوالي ١ر٠ ملجم يومياً من النحاس وأما البالغين فهي تقريباً ٢ مجم يومياً ومن النادر أن تحتوي مياه الشرب على كميات عالية من النحاس لأنها تسبب أضراراً للكبد ويتغير طعم مياه الشرب ويصبح غير مستساغاً عندما تزيد تركيزات النحاس فيها عن ١ مجم/لتر.

وفي الصناعات يستخدم النحاس ضمن السبائك المستخدمة في صناعة أنابيب التبريد مثل المكيفات والتي تتعرض للتآكل محررة أيونات النحاسوز السامة للحياة المائية. وتترسب هيدروكسيدات النحاس في الماء في وجود أيونات الهيدروكسيل لذا فإن سمية النحاس تزداد مع إزدياد حموضة الماء. ومن المعروف أن المحاليل المخففة من النحاس تسبب تآكل الصلب والحديد في بعض المساه. وتُعتبر أملاح النحاس مبيداً مؤثراً ضد الطحالب والبكتيريا ولكن تأثيره غير قوي ضد الفطريات. أما سميته للحياة المائية فتعتمد على نوع الكائنات الحية وخصائص الماء الكيميائية والطبيعية مثل درجة الحرارة والصورة وتركيز ثاني أكسيد الكربون الذائب.

١١) الزنـــــك :

يستخرج ثلث إنتاج الزنك من عمليات إعادة التدوير ، والزنك ضروري لأسلوب الحياة العصرية وللصحة ، فمن حيث كمية إنتاجه يحتل الزنك المرتبة الرابعة ، أي يعتبر المعدن الرابع في العالم ولا يسبقه إلا الحديد والألومنيوم والنحاس ، وتستهلك ثلاثة أرباع مجموعة الزنك كمعدن ، ويستخدم بصورة رئيسية ككسوة لحماية الحديد والصلب من التآكل (معدن للغلفنة) وكمعدن لصنع السبائك ولصناعة البرونز وكبريتات الحديد ، وفي سبائك التشكيل

ذات القاعدة الزنكية ، وكزنك مُدَرفل ، أما الربع المتبقى فيستخدم في شكل مركبات زنكية وبصورة رئيسية في صناعات المطاط والكيماويات والدهانات والصناعات الزراعية وبصورة أساسية كأكسيد الزنك. والزنك عنصر ضروري للنمو السليم لدى الإنسان والحيوان والنبات ، وهو ثاني معدن نزر إنتشاراً بعد الحديد ويوجد في الطبيعة في جسم الإنسان ، ويستخدم أكسيد الزنك كدواء.

وبالنظر إلى التفاوتات الشديدة في طابع خردة الزنك ومحتواها الزنكي ، فإن عمليات إعادة تدوير الخردة المحتوية على الزنك تتفاوت تفاوتاً واسعاً ، فإعادة تدوير الخردة النظيفة الجديدة ككبريتات الحديد وقصاصات الزنك المدرفل ، ومخلفات قوالب التشكيل ، تحتاج عادة إلى إعادة تذويبها فقط. وفي حالة الخردة المعدنية غير الحديدية المقصوصة والممتزجة ، يجري فصل الزنك عن المواد الباقية يدوياً أو بواسطة مغناطيس ، وللزنك نقطة إنصهار منخفضة نسبياً عند الفصل عن بعض المعادن الأخرى في أفران التعرق.

ومركبات قليلة جداً من الزنك هي الخطيرة. ويجري إعادة تدوير رماد الزنك وكدارته بصورة شائعة ، ومع ذلك فإن مستويات الرصاص والكادميوم في الرماد أو في الكداره ترتهن بمستويات الزنك التي تكون عادة أقل حجماً ، أو في شكل نزر حيث يستخدم جزء كبير من النحاس في عمليات الجلفنة المستمرة والتي تنتج رماد وكداره.

إن الرماد " الكداره " هما مصطلحان يستخدمان عادة في علم استخلاص المعادن من الفلزات ، فمثلاً في عملية صهر الزنك ينشأ " رماد " ليس عن حرق أي مادة في حد ذاتها ولكن الطبقة العليا للزنك المصهور هي التي تتأكسد في الهواء ، وعندما يتم كشطها

فإن الرماد يصبح مزيجاً نظيفاً من أكسيد الزنك وفلز الزنك ، ومن ثم يكون مادة صالحة لإعادة التدوير ، والكداره هي الكميات المكشوطة والكميات المتخلفة من وعاء لإذابة الزنك ، وهو كذلك مصدر ممتاز للمعدن الموجه للإستعادة أو لإعادة الإستخدام. أما الكداره المتخلفة من عمليات الغلفنة المستمرة حيث الألمونيوم هو العامل الداخل في صناعة السبائك ، فلا تحتوي على الزنك ، ومع ذلك فإن الرماد والكميات المكشوطة والكميات المتخلفة من عمليات الجلفنة بالغمس الساخن تحتوي عادة على الزنك بتركيزات خطيرة.

ثمة مصدر آخر للزنك هو الغبار المتخلف عن عمليات مكافحة تلوث الهواء من صناعة الصلب بالقوس الكهربي ، ويتكون القدر الكبير من الفولاذ المستخدم في هذه الأفران قطع السيارات الممزقة التي تم تكهينها. أما صفائح الفولاذ المستخدمة في المركبات الحديثة فهي مغلفة بالزنك (المجلفنة). ويتبخر الزنك داخل الفرن الذي يعمل بالقوس الكهربي ويتم أسره بمعدات مكافحة تلوث الهواء ، وهو صالح لإعادة التدوير فقط في مصانع متخصصة. وتعرف السلطات التنظيمية الرئيسية هذا الغبار الدقيق على أنه ضار بسبب محتواه من الكادميوم ومن الرصاص ، ولكن يمكن إعادة تدويره لإنتاج أسمدة ذات مغذيات دقيقة من الزنك. ففي الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً ، يصنع نحو نصف جميع أسمدة الزنك من النفايات الصناعية الخطيرة التي يمكن أن تشتمل على غبار مكافحة الانبعاثات من أفران الصلب العاملة بالقوس الكهربي ، ومن مسابك كبريتات الحديد وكذلك ، كرماد من مرافق إستعادة الطاقة التي تحرق الإطارات. وتقوم وكالة حماية البيئة الأمريكية بتنظيم تحويل نفايات الزنك إلى أسمدة تستخدم لتسميد محاصيل مثل الذرة والبطاطس وأشجار الفاكهة ، وتضع اللوائح حداً للمعادن الخطرة في الأسمدة الزنكية المعاد تدويرها وذلك عن

طريق تحديد معايير تستند إلى ممارسات التصنيع الجيدة التي ثبتت صلاحيتها ، ويوضع معيار للديوكسينات على أساس المستويات الطبيعية الموجودة في التربة.

يستخدم معدن الزنك بعد أكسدته في جلفنة أسطح الحديد والصلب لغرض حمايته وكذلك يستخدم الزنك في إعداد السبائك الخاصة بصب الأصباغ كما يدخل في إعداد سبائك النحاس الأصفر والبرونز ، وفي إنتاج أكسيد الزنك والمواد الكيماوية وأكليشيهات التصوير الفوتوغرافي وألواح الطباعة. والزنك عنصر غذائي هام ومفيد في عملية التحوُّر الغذائي في الإنسان والحيوان ويحتاج الأطفال دون عمر المدارس إلى ٣ر٠ مجم زنك لكل كيلوجرام من وزن الجسم يومياً ، ويبلغ معدل تناول البالغين له من صفر إلى ١٥ مجم زنك لكل كجم يومياً. وقد تم التوصل إلى أن عدم كفاية الزنك في أجسام الأطفال يؤدي إلى تأخر في عملية النمو إلا أن الإفراط فيه يؤدي إلى إثارة الجهاز الهضمي ويؤثر على مناعة جسم الإنسان ، وعند تجاوز الزنك في مياه الشرب بما يزيد عن ٥ ملجم/لتر فإنه ينتج عنه طعم غير مرغوب فيه ، وتعتمد درجة خطورة الزنك للحيوانات البحرية على عوامل بيئية متعددة خاصة عسرة الماء وتركيز الأوكسجين المذاب ودرجة الحرارة ، ومن الوارد في التقارير فإن أملاح بعض المعادن الثقيلة تكون حافزة لسمية الزنك وخاصة في الماء العسر ، وتسبب التركيزات السامة للزنك تغييراً في فسيولوجية الأسماك وتركيبها غير أن معدلات التسمم الحاد تؤدي إلى إنهيار خلوي في الخياشيم ومن الممكن أن تؤدي إلى إنسداد الخياشيم بالمخاط والذي يؤدي إلى إختناق الأسماك.

١٢) الفينولات – Phenols :

إن عدداً من الفينولات لها القدرة على تكوين أورام سرطانية حتى ولو بتركيزات قليلة ، مثل السافرول والكيومارين التي تكون سامة أو مسرطنة عند أي مستوى ، لذلك فقد تم حظر إستخدامها كمواد مضافة للأغذية.

بعض الفينولات يكون لها تأثير سام طبقاً لتركيز الجرعة المتناولة ، فمثلاً يسبب الديكموريل (وهو أحد الفينولات النباتية) نزيفاً في الماشية ، ويستخدم كسم للفئران.

ويستخدم الجوسيبول في الصين كمادة مانعة للحمل للإناث ، وهو عبارة عن مركب فينولي سام ، ويُمثّل خطورة واضحة على أغذية الإنسان والحيوان ، فهو يقلل من الإستفادة من الحديد ، ويتسبب في : فقد الشهية ، فقد الوزن ، إسهال ، أنيميا وخفض للخصوبة ، استسقاء الرئة ، هبوط في الدورة الدموية ونزيف في الأمعاء الدقيقة والكبد والمعدة.

الفصل الخامس

القوانين المصرية المنظمة لاستخدام مياه الصرف المعالجة

هناك عدة قوانين وتشريعات تنظم عملية إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة يمكن حصرها على الوجه التالي :

١) القانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤م بشأن إصدار قانون الري والصرف :

تم إصدار هذا القانون بشأن الري والصرف ثم صدر بعد ذلك قرار وزير الري رقم ١٤٧٤٧ لسنة ١٩٨٧ الخاص باللائحة التنفيذية لقانون الري والصرف ثم تم تعديل هذا القانون بالقانون رقم ٢١٣ لسنة ١٩٩٤م ، ثم أعقبه إصدار قرار وزير الري رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥م ، والذي تضمن الفصل الثاني منه الترخيص بري الأراضي الجديدة من المصادر المختلفة وجدير بالذكر أن هذا القانون يغطي الجوانب الإجرائية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

قرار وزير الري رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥م

الفصل الثاني – في ري الأراضي الجديدة

مـــادة (٧) : لا يجوز الترخيص بري الأرض الجديدة إلا بإتباع طرق الري المتطورة ومنها الري بالرش والري بالتنقيط أو بأي أسلوب آخر للري تقره وزارة الأشغال العامة في ضوء طبيعة التربة والدورة الزراعية المقترحة.

مـــادة (٨) : يلتزم المرخص له بإتباع أسلوب الري المتطور الذي يحدد له في الترخيص ويعتبر الترخيص لاغي إذا خالف المرخص له طريقة الري المرخص له بها

ولم يقم بإزالة أسباب المخالفة خلال ثلاثين يوماً من تاريخ إنذاره بكتاب موصى عليه بعلم الوصول.

مـــادة (٩) : يقدم طلب الترخيص بري الأرض الجديدة إلى الإدارة العامة للري المختلفة على أن يتضمن الطلب البيانات الآتية :

أ) إسم طالب الترخيص وصفته ومحل إقامته.

ب) سند مقدم الطلب في حيازته للأرض موضوع طلب الترخيص.

ج) مساحة الأرض المطلوب ريها موقعه على خرائط مساحية بمقياس رسم مناسب ، وموقَّع عليها مهندس نقابي.

د) تصنيف كامل للتربة من جهة متخصصة.

هـ) مصدر الري المقترح.

و) الدورة الزراعية المقترحة.

مـــادة (١٠) : تتولى الإدارة العامة للري المختصة فحص طلب الترخيص ومستنداته ويجب على الإدارة أن تصدر قرارها في الطلب خلال شهرين على الأكثر من تاريخ تقديم المستندات كاملة وإخطار الطالب بذلك.

مـــادة (٦٧) : في حالة التخلص من مياه الصرف الصحي أو مخلفات صناعية سائلة مختلطة بمياه الصرف الصحي على مسطحات المياه غير عذبه ، يجب بناء على طلب الجهة الصخية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكلور لتطهيرها قبل صرفها بحيث لا يقل

الكلور المتبقى بها بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٥ر٠ ملليجرام/لتر وبحيث تكون أجهزة ومواد التطهير متوفرة وجاهزة بصفة مستمرة لإنجازه هذه المعالجة عند طلب إجرائها.

مـــــادة (٦٨) : يجب أن تبقى مسطحات المياه غير العذبة التي يرخَّص بصرف المخلفات السائلة المعالجة إليها في حدود المعايير والمواصفات الآتية :

البيـــــان	المعايير والمواصفات
درجة الحرارة	لا تزيد على (٥) درجات مئوية فوق المعدل المألوف
الأكسجين الذائب	لا يقل عن (٤) ملليجرام/لتر في أي وقت
الأس الهيدروجيني	لا يقل عن (٧) ولا يزيد على (٥ر٨)
تلكمظفات الصناعية	لا تزيد على (٥ر٠) ملليجرام/لتر
الفينول	لا تزيد على (٠٠٥ر٠) ملليجرام/لتر
العكارة	لا تزيد على (٥ر٠) وحدة
المواد الصلبة الذائبة	لا تزيد على (٦٥٠) ملليجرام/لتر
الحد الإحتمالي للمجموعة القولونية في ١٠٠ سم٣	لا تزيد على (٥٠٠٠)

مـــــادة (٦٩) : في حالة صرف المخلفات السائلة إلى البحيرات – يجب مراعاة ألا يزيد عدد البكتريا القولونية في مصايد الأسماك بالبحيرة على (٧٠) لكل ١٠٠ سم٣ كما يجب ألا يزيد عددها على (٢٣٠) لكل ١٠٠ سم٣ في ١٠% من العينات المأخوذة من مياه البحيرة في موسم الصيد وذلك حفاظاً على الثروة السمكية وعدم تأثير صرف هذه المخلفات على مصايد الأسماك.

٢) القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلفات السائلة :

ينظم هذا القانون أحكام تجميع المخلفات السائلة من المساكن والمصانع والمحال العامة والتجارية والصناعية وغيرها ومياه الرشح والأمطار ، بغرض التخلُّص منها بطرق صحية بعد معالجتها.

وقد تضمنت اللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق رقم ٦٤٩ لسنة ١٩٦٢ في الباب السادس/ ثانياً الإشتراطات والمعايير الواجب توافرها في المخلفات السائلة التي يتم صرفها بالري السطحي أو بري الأراضي الزراعية وجدير بالذكر بأن اللائحة التنفيذية للقانون عاليه تم إستبدالها بالقرار الوزاري رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بشأن تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ١٩٦٢/٩٣. وقد تضمنت اللائحة التنفيذية المعدلة ، المادة رقم ١٥ بشأن الإشتراطات العامة والمعايير الواجب توافرها في المخلفات السائلة الصرف الصحي المعالجة والتي يتم إعادة إستخدامها للأغراض الزراعية.

٣) قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية – رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلّفات السائلة :

مـــادة (١٥) : الإشتراطات العامة والمعايير الواجب توافرها في المخلّفات للصرف الصحي المعالجة والتي يتم إعادة إستخدامها للأغراض الزراعية.

يتم تقسيم المخلّفات السائلة غلى ثلاث فئات :

الفئة الأولى :

وتشمل المخلّفات السائلة لعمليات الصرف الصحي العامة والتي تخضع مباشرة للجهات الحكومية المركزية أو المحلية أو المؤسسات العامة التي تملكها الحكومة.

الفئة الثانية :

وتشمل المخلفات السائلة لعمليات الصرف الصحي الخاصة وهي مماثلة لمياه الفئة الأولى إلا أنها غير مملوكة للجهات الحكومية المركزية أو المحلية أو المؤسسات العامة.

الفئة الثالثة :

وتُطبَّق على الفئات الثلاث الإشتراطات العامة والمعايير الواردة بالجداول التالية :

إشتراطات عامة :

- لا يجوز إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري الأراضي إلا بعد الحصول على تصريح من وزارة الصحة ويجب الحصول على موافقة وزارة الصحة على الموقع المختار لمحطات تنقية الصرف الصحي العامة كما يتم بعد تشغيل المحطات أخذ عينات دورية من المياه المنصرفة لتحليلها طبقاً لما يُقرره وزير الصحة.
- أن تكون مياه الصرف الصحي العامة والخاصة والمُخلّفات الصناعية مُطابقة للمعايير الواردة بهذه اللائحة.

- أن تبعد الأراضي التي يتم صرف المُخلّفات السائلة إليها بمسافة لا تقل عن ٣ كيلومتر من العمران أو كردون المدينة أو القرية أيهما أبعد.
- لا تقل درجة معالجة المخلفات السائلة بأنواعها عن المعالجة الإبتدائية.
- يحظر زراعة الخضروات أو الفاكهة أو النباتات التي تؤكل نيئة في المزارع التي تُروى بمياه الصرف الصحي المعالجة إبتدائياً أو ثانوياً كما لا يجوز تربية الحيوانات أو المواشي المُدِّره للألبان على هذه المزارع.
- يجب تصريف المياه بالسرعة التي لا ينجُم عنها أي تجمعات مائية.

يُراعى عند الترخيص لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة ما يأتي :

أولاً : الإتصال بجهاز شئون البيئة المنوط به أعمال دراسات تقييم الأثر البيئي بموجب الإختصاصات الممنوحة له بالقانون رقم (٤) لسنة ١٩٩٤ لتشكيل لجنة يكون إختصاصها أعمال التقييم البيئي للمناطق التي يتم فيها إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة.

ثانياً : لا يتم إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة إلا بموجب ترخيص يتم الحصول عليه من الجهات المختصة التي يحددها وزير الإسكان والمرافق ويحدد فيه نوعية المياه المعالجة المعاد إستخدامها وتحاليلها وتجرى الفحوص دورياً كل أربعة أشهر على الأقل ويقوم مستخدم ٥١ه المياه بسداد تأمين لحساب تكاليف التحاليل.

ثالثاً : تقوم جهات الترخيص بإخطار الجهات الصحية المحلية بالمناطق المصرح لها إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة لتقوم بمراقبة توافر الإحتياطات الصحية ومكافحة الحشرات وناقلات الأمراض.

رابعاً: يجب أن يحمل كل من يعمل بهذه المزارع شهادات صحية سارية المفعول.

خامساً: يحظر جني المحاصيل التي تروى بمياه الصرف الصحي المعالجة إلا بعد إيقاف الري بأسبوعين على الأقل.

سادساً : حظر إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة إبتدائياً أو ثانوياً في ري الأراضي المخصصة لدى الماشية المُدِّره للألبان والمنتجة للحوم.

سابعاً: يشترط للموافقة على إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة أن تكون مطابقة للمعايير والإشتراطات الواردة في الجداول الآتية أرقام (٣٧) ، (٣٨) ، (٣٩).

جدول رقم (٣٧) : الحد الأقصى لمعايير إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة المسموح بها طبقاً لدرجة المعالجة.

م	البيـــان	الوحدة	المجموعة الأولى مياه معالجة إبتدائياً	المجموعة الثانية مياه معالجة ثانوية	المجموعة الثالثة مياه معالجة متقدمة
١	الأكسجين الحيوي الممتص $B.O.D_5$	جزء في المليون	٣٠٠	٤٠	٢٠
٢	الأكسجين الكيميائي المستهلك C.O.D	جزء في المليون	٦٠٠	٨٠	٤٠
٣	المواد الصلبة العالقة T.S.S	جزء في المليون	٣٥٠	٤٠	٢٠
٤	الزيوت والشحوم	جزء في المليون	غير محددة	١٠	٥
٥	عدد خلايا أو بيض النيماتودا المعوية	العدد/لتر	٥	١	١
٦	عدد خلايا الكليفورم البرازي	لكل ١٠٠ مليلتر	غير محددة	١٠٠٠	١٠٠
٧	أقصى تركيز للأملاح الكلية الذائبة حسب درجة تحمل النبات	جزء في المليون	حتى ٢٥٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠
٨	نسبة إمتصاص الصوديوم حسب نوع النفاذية	نسبة %	٢٥	٢٠	٢٠
٩	تركيز الكلوريدات	جزء في المليون	حتى ٣٥٠	٣٠٠	٣٠٠
١٠	تركيز البورون		حتى ٥	حتى ٣	حتى ٣

جدول رقم (٣٨) : الحد الأقصى لمعايير إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة المسموح بها للمعادن الثقيلة طبقاً لدرجة المعالجة.

درجة المعالجة/ المعايير المعدن	الوحدة	المجموعة الأولى إبتدائي	المجموعة الثانية ثانوي	المجموعة الثالثة متقدم
الكادميوم	جزء في المليون	٥٠ر٠	١٠ر٠	١٠ر٠
الرصاص	جزء في المليون	١٠	٥	٥
النحاس	جزء في المليون	غير محددة	٢ر٠	٢ر٠
النيكل	جزء في المليون	٥ر٠	٢ر٠	٢ر٠
الزنك	جزء في المليون	غير محددة	٢	٢
الزرنيخ	جزء في المليون		غير محددة	١ر٠
الكروم	جزء في المليون	غير محددة	غير محددة	١ر٠
الموليبديوم(الأعلاف الخضراء فقط)	جزء في المليون	غير محددة	١٠ر٠	١٠ر٠
المنجنيز	جزء في المليون	٢ر٠	٢ر٠	٢ر٠
الحديد	جزء في المليون	غير محددة	٥	٥
الكوبلت	جزء في المليون	غير محددة	٠٥ر٠	٠٥ر٠

جدول رقم (٣٩) : إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النبات والتربة وطرق الري .

رقم المجموعة	درجة المعالجة	النباتات المسموح بزراعتها	الإحتياطات البيئية والصحية	طرق الري المناسبة	أنواع التربة المقترحة
الأولى	معالجة إبتدائية	الأشجار الخشبية	• عمل سياج حول المزارع • عدم التلامس مع المياه مباشرة مع عدم دخول غير العاملين للمزارع. • منع دخول الماشية للمزارع • إتخاذ الإجراءات الصحية اللازمة للحماية من الإصابة بالكائنات الممرضة والعلاج.	بالخطوط	خليفة القوام يصرح بالإستخدام في الأراضي الصحراوية التي تبعد عن التجمعات السكانية بمسافة ٥ كم مع الإلتزام بإجراء التقييم البيئي دورياً.
الثانية	معالجة ثانوية	أشجار النخيل – القطن – الكتان – التيل – الجوت • محاصيل الأعلاف والحبوب المجففة. • المحاصيل والفواكه القشرية. • الخضروات التي تطهى • الفواكه المصنعة بالحرارة • مشاتل الزهور	• يمكن تربية الماشية غير المدرة للبن أو المنتجة للحوم. • يجب طهي الطعام قبل تناوله.	بالخطوط والغمر	خليفة ومتوسطة القوام
الثالثة	معالجة متقدمة	• النباتات التي تؤكل نيئة • النباتات القشرية • جميع أنواع المحاصيل والبساتين . • الأعلاف والمراعي الخضراء	لا توجد	جميع الطرق عدا الرش	جميع أنواع التربة

٤) القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢م في شأن حماية نهر النيل والمجاري المائية :

صدر هذا القانون لحماية نهر النيل والمجاري المائية ويعطي القانون معايير وإشتراطات الصرف على مياه نهر النيل والترع والخزان الجوفي والمجاري المائية غير العذبة.

وقد تضمنت اللائحة التنفيذية للقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ والصادرة بقرار وزير الري رقم ٨ لسنة ١٩٨٣ أحكام ومعايير صرف مياه الصرف الصحي المعالجة على المسطحات غير العذبة على النحو التالي :

مـــــادة (٦٦) : يجب أن تتوافر في مياه الصرف الصحي والمُخلّفات الصناعية السائلة التي رُخّص بصرفها على مسطحات المياه غير العذبة – المعايير والمواصفات الآتية :

في الصرف على مسطحات المياه غير العذبة :

البيـــــان	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (ملليجرام/لتر – ما لم يذكر غير ذلك)	
	مياه الصرف الصحي	المخلفات الصناعية السائلة
درجة الحرارة	٣٥°ملوية	ملوية °٣٥
الأس الهيدروجيني pH	٦–٩	٦–٩
الأكسجين الحيوي الممتص	٦٠	٦٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (الديكرومات)	٨٠	١٠٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (برمنجنات)	٤٠	٥٠
الأكسجين الذائب DO	لا يقل عن ٤	–
الزيوت والشحوم	١٠	١٠
المواد الذائبة الكلية TDS	٢٠٠٠	٢٠٠٠
المواد العالقة TSS	٥٠	٦٠
المواد الملونة	خالية من المواد الملونة	خالية من المواد الملونة
الكبريتيدات	١	١
السيانيد	–	–١ر٠
الفوسفات	–	١٠
النيترات	٥٠	٤٠
الفلوريدات	–	–٥ر٠
الفينول	–	–٠٠٥ر٠
مجموع المعادن الثقيلة	١	١
المبيدات بأنواعها	معدوم	معدوم
العد الإحتمالي للمجموعة القولونية/١٠٠سم٣	٥٠٠٠	٥٠٠٠

٥) قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن حماية البيئة :

تم إصدار القانون رقم ٤ في عام ١٩٩٤ ثم تم إصدار اللائحة التنفيذية له بقرار رئيس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ ولم يتطرق القانون لمياه الصرف الصحي المعالجة أو مشروعات إعادة إستخدام المياه المعالجة بنصوص صريحة ولكن المادتين رقم ١٩ ، ٢٠ من القانون تضمنتا النص على ضرورة عمل دراسات تقييم الأثر البيئي لأي مشروع قبل البدء في تنفيذه وهاتين المادتين تعتبران من المواد الواجب إعمالها عند التخطيط لمشروعات إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة وتُغطي جزء آخر من الجوانب الإجرائية وفيما يلي نص المادتين سالفتي الذكر.

مـــادة (١٩) : تتولى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص تقييم الأثر البيئي للمنشأة المطلوب الترخيص لها وفقاً للعناصر والتصميمات والمواصفات والأسس التي يصدرها جهاز شئون البيئة بالإتفاق مع الجهات الإدارية المختصة ، وتحدد اللائحة التنفيذية لهذا القانون المنشآت التي تسري عليها أحكام هذه المادة.

مـــادة (٢٠) : تقوم الجهات الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص بإرسال صورة من تقييم الأثر البيئي المشار إليه بالمادة السابقة إلى جهاز شئون البيئة لإبداء الرأي وتقديم المقترحات المطلوب تنفيذها في مجال التجهيزات والأنظمة اللازمة لمعالجة الآثار البيئية السلبية ، وتتولى هذه الجهات التأكد من تنفيذ هذه المقترحات. ويجب على جهاز شئون البيئة أن يوافي الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة

للترخيص برأيه في هذا التقييم خلال مدة أقصاها ٦٠ يوماً من تاريخ إستلامه له ، وإلا أعتبر عدم الرد موافقة على التقييم.

وفي إيضاح لهاتين المادتين المتقدمتين نورد ما يلي:

٥-١) <u>المادة التاسعة عشر من قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن حماية البيئة</u> :

أ) <u>الجهة الإدارية المختصة في تقييم الأثر البيئي للمنشآت</u> :

حددت المادة ١٩ من قانون البيئة ٤ لسنة ١٩٩٤م والمادة العاشرة من اللائحة التنفيذية للقانون الصادرة بقرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ كيفية تقييم الأثر البيئي للمنشأة ، بحيث تتولى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص تقييم الأثر البيئي للمنشأة المطلوب الترخيص لها وفقاً للعناصر والتصميمات والمواصفات والأسس التي يصدرها جهاز شئون البيئة بالإتفاق مع الجهة الإدارية المختصة وعلى جهاز شئون البيئة مراجعة ذلك كلما لزم الأمر.

ب) <u>نطاق سريان الأحكام الواردة في المادة (١٩)</u> :

تضمنت المادة العاشرة من اللائحة التنفيذية نطاق سريان المادة المذكورة (١٩) من القانون حيث أوجبت سريانها على المنشآت المبينة في الملحق رقم (٢) لهذه اللائحة.

ويتبين من مطالعة الملحق رقم (٢) أنه يتضمن تحديد الجهات الخاضعة لأحكام تقييم الأثر البيئي.

ج) **كيفية تحديد المنشآت التي تخضع لأحكام تقييم الأثر البيئي وفقاً للضوابط الأساسية التالية :**

أولاً : نوعية نشاط المنشأة :

١) المنشآت الصناعية : الخاضعة لأحكام القانونين رقمي ٢١ لسنة ١٩٨٥ بشأن تنظيم الصناعة وتشجيعها ، ورقم ٥٥ لسنة ١٩٧٧ بشأن إقامة وإدارة الآلات الحرارية والمراجل البخارية.

٢) المنشآت السياحية : الخاضعة لأحكام القوانين الآتية :

أ) القانون رقم ١ لسنة ١٩٧٣ في شأن المنشآت الفندقية.

ب) القانون رقم ٣٨ لسنة ١٩٧٧ في شأن تنظيم الشركات السياحية.

ج) القانون رقم ١١٧ لسنة ١٩٨٣ في شأن حماية الآثار.

٣) جميع مشروعات البنية الأساسية ومنها محطات معالجة الصرف الصحي وإعادة إستخدام مياهها أو مياه الصرف الزراعي ومشروعات الري والطرق والكباري والقناطر والأنفاق والمطارات والموانى البحرية ومحطات السكك الحديدية وغيرها.

٤) أية منشأة أخرى أو نشاط أو مشروع يحتمل أن يكون له تأثير ملحوظ على البيئة ويصدر بها قرار من جهاز شئون البيئة بعد الإتفاق مع الجهة الإدارية المختصة.

ثانياً : المنشآت الخاضعة لتقييم التأثير البيئي وفقاً لمواقعها :

ومنها تلك التي تقام على شواطئ النيل وفرعيه والرياحات أو في المناطق السياحية والأثرية أو حيث تزيد الكثافة السكانية أو عند شواطئ البحار والبحيرات أو في مناطق المحميات.

ثالثاً : مدى إستنزاف المنشآت للموارد الطبيعية :

ومنها تلك التي تسبب تجريف لأرض الزراعية أو التصحر أو إزالة تجمعات الأشجار والنخيل أو تلوث موارد المياه وخاصة نهر النيل وفرعية والبحيرات أو المياه الجوفية.

رابعاً : نوع الطاقة المستخدمة لتشغيل المنشأة وهي :

١) المنشآت الثابتة التي تعمل بالوقود الحراري ويصدر عنها إنبعاثات تجاوز المعايير المصرح بها.

٢) المنشآت التي تستخدم وقود نووي في التشغيل.

٣) المنشآت العاملة في مجال الكشف عن البترول وإستخراجه وتكريره وتخزينه ونقله والخاضعة لأحكام القوانين التالية :

أ) القانون رقم ٦ لسنة ١٩٧٤ بالترخيص لوزير البترول في التعاقد للبحث عن البترول.

ب) القانون رقم ٤ لسنة ١٩٨٨ في شأن خطوط أنابيب البترول.

٤) منشآت إنتاج وتوليد الكهرباء الخاضعة لأحكام :

أ) القانون رقم ١٤٥ لسنة ١٩٤٨ بإنشاء إدارة الكهرباء والغاز لمدينة القاهرة.

ب) القانون رقم ٦٣ لسنة ١٩٧٤ بشأن منشآت قطاع الكهرباء.

ج) القانون رقم ٢١ لسنة ١٩٦٧ بشأن إنشاء هيئة كهرباء مصر.

د) القانون رقم ١٣ لسنة ١٩٧٦ بشأن هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء.

هـ) القانون رقم ٢٧ لسنة ١٩٧٦ بشأن هيئة كهرباء الريف.

و) القانون رقم ١٠٢ لسنة ١٩٨٦ بشأن إنشاء هيئة تنمية وإستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة.

٥) المنشآت العاملة في المناجم والمحاجر وإنتاج مواد البناء الخاضعة لأحكام :

أ) القانون رقم ٦٦ لسنة ١٩٥٣ الخاص بالمناجم والمحاجر.

ب) القانون رقم ٨٦ لسنة ١٩٥٦ الخاص بالمناجم والمحاجر.

د) <u>إجراءات الترخيص للمنشأة الخاضعة لتقييم الأثر البيئي</u> :

حددت المادة الثانية عشر من اللائحة التنفيذية لقانون البيئة إجراء الترخيص للمنشآت التي تخضع لتقييم التأثير البيئي ، حيث ألزم طالب الترخيص بأن يرفق بطلبه بياناً مستوفياً عن المنشأة شاملة البيانات التي يتضمنها النموذج الذي يعده جهاز شئون البيئة بالإتفاق مع الجهة الإدارية المختصة.

ويعد جهاز شئون البيئة سجلاً يتضمن صور هذه النماذج ونتائج التقييم وطلبات الجهاز من صاحب المنشأة.

هـ) حق جهاز شئون البيئة في الإستعانة بالخبراء لإبداء الرأي في تقييم الأثر البيئي للمنشأة :

أجازت المادة الثالثة عشر من اللائحة التنفيذية لقانون جهاز شئون البيئة أن يستعين بأي من المتخصصين الذين تصدر بهم قائمة من الجهاز طبقاً للمعايير التي يضعها مجلس إدارة الجهاز ، وذلك لإبداء الرأي في تقييم الأثر البيئي للمنشأة المزمع إقامتها وكذلك المطلوب الترخيص له.

٥-٢) المادة العشرون من قانون ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن حماية البيئة :

أ) واجبات الجهة الإدارية المختصة بشأن تقييم الأثر البيئي :

يجب أن تقوم الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص بإرسال صورة من تقييم الأثر البيئي المشار إليه بالمادة السابقة إلى جهاز شئون البيئة لإبداء الرأي وتقديم المقترحات المطلوب تنفيذها في مجال التجهيزات والأنظمة اللازمة لمعالجة الآثار البيئية السلبية وتتولى هذه الجهات التأكد من تنفيذ هذه المقترحات.

ب) يجب على جهاز شئون البيئة الرد بالرأي خلال مدة أقصاها ٦٠ يوماً :

يجب على جهاز شئون البيئة أن يوافي الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص برأيه في هذا التقييم خلال مدة

أقصاها ٦٠ يوماً من تاريخ إستلامه له ، وإلا اعتبر عدم الرد موافقة على هذا التقييم.

ج) **أثر عدم الرد في ميعاد الستين يوماً هو موافقة من الجهاز :**

أعتبرت المادة العشرون من القانون أن عدم رد الجهة الإدارية في ميعاد الستين يوماً هو موافقة من الجهاز.

هذا الإتجاه غير مرفق لأنه يلزم أن تكون الموافقة صريحة في أمر يتعلق بسلامة وصحة البيئة والمجتمع وليس مفترضاً بمضي ٦٠ يوماً.

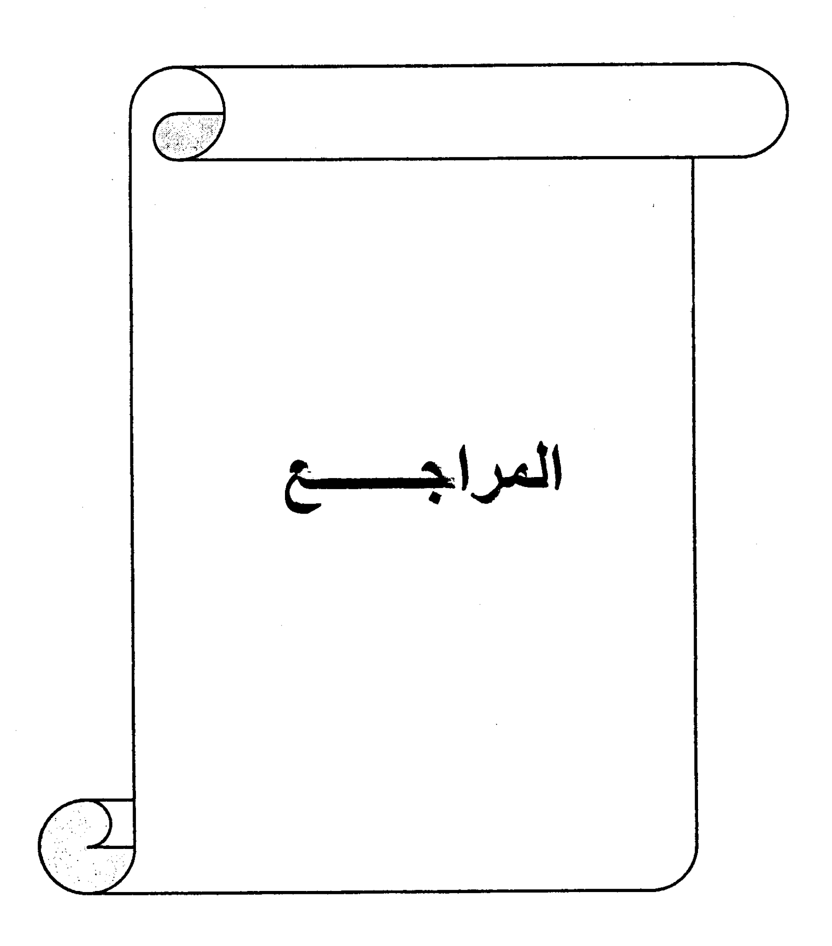
تعقيب على نصوص التشريعات المنظمة لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة :

من جميع النصوص السابق ذكرها يتضح أنها قد جاءت خالية من أي عقوبات صدرت بشأنها هذه القوانين نتيجة مخالفتها أو عدم الإلتزام بإحكامها ، الأمر الذي يستوجب النظر في إفراد تشريعات عقابية مناسبة بعد إكتمال الجوانب الفنية والصحية والإقتصادية لعملية إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

٦) **قرار نائب رئيس مجلس الوزراء ووزير الزراعة وإستصلاح الأراضي رقم ٦٠٣ لسنة ٢٠٠٢ في شأن تقييد إستخدام مياه الصرف الصحي في القطاع الزراعي :**

مادة أولى : يمنع إستخدام مياه الصرف الصحي سواء المعالجة أو غير المعالجة في ري الزراعات التقليدية ويقتصر إستخدامها فقط في ري الأشجار الخشبية وأشجار الزينة.

مادة ثانية : مراعاة التدابير الوقائية لعمال الزراعة عند إستخدام مثل هذه النوعية من المياه.


المراجـــع

أولاً :المراجع العربية :

اسامة الخولي (دكتور) " البيئة وقضايا التنمية والتصنيع" عام ٢٠٠٢ سلسلة عالم المعرفة الناشر مجلس الوطني للثقافة والفنون والاداب- الكويت.

آل جور " الارض في الميزان" ترجمة عواطف عبد الجليل عام ١٩٩٤ الناشر مركز الاهرام للترجمة والنشر.

المعالجة الفعَّالة للحمأة لانتاج الطاقة والسماد العضوي – رسالة دكتوراه زراعة جامعة القاهرة ، دكتور/ علي الدين أحمد عامر.

جهاز شؤن البيئة " اسس واجراءات تقييم التأثير البيئي" عام ١٩٩٩ .

حتمية تدوير المخلفات العضوية الصلبة والحاجة لنشر تقنيات مبسطة للدول النامية لتطبيقها ، أ.د./ ممدوح فتحي عبد الصبور، مجلة البحوث البيئية – جامعة أسيوط (تحت النشر).

تدوير المخلفات الزراعية ، مجالات التكامل للإستفادة منها ، المؤتمر القومي الأول لاعادة استخدام تدوير المخلفات ، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا ، أ.د/ أمين النواوي (١٩٩٦).

تقرير لجنة إعداد الكود المصري لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي (٢٠٠٤) وزارة الإسكان.

ممدوح فتحي عبد الصبور (دكتور) " تلوث البيئة وصحة الانسان" عام ٢٠٠٠ الناشر دار النهضة المصرية- القاهرة.

ثانياً : المراجع الأجنبية :

Abd El- Sabour, M.F. 1997. Fate of Heavy Metals in Sewage Studge Amended Sandy Soils. Egypt. J. Soil Sci. 37, No. 1, pp. 125-140.

Abdel Sabour, M.E., M.A. Abo El-Seoud, (1996). Effect of organic waste compost addition on sesame

growth, yield and chemical composition, *Agric. Ecosy. And Environ. 60:157-164.*

Abdel Sabour, M.F., (1996). Residual effects of organic waste compost application on clover: 1) Accumulation and recoveries of heavy metals in amended sandy soil., *Proc. Conf. Food Borne Contamination & Egyptian's Health, Mansoura Univ.pp. 227-236.*

Abdel Sabour, M.F., (1997). Transport of trace elements in organic compost systems in dryland agriculture, *Assiut Univ. center for Environmental Studies (AUCES) overview series No. 4 (1997).*

Abdel Sabour, M.F., and A.R.A.G. Mohamed, (1995), Net aboveground dry-matter production, seed yield and heavy metals accumulation of maize grown on sewage sludge amended sandy soil. *Egyptian J. Agronomy 20:47-60.*

Abdel Sabour, M.F., M.A. Abo El-Seoud and M.A.Rizk (1997) Physiological and chemical response of sunflower to previous organic waste composts application to sandy soil. *Environmental Management and Health Vol. 8/4, pp.128-132.*

Abdel Sabour, M.F.,, C.B. Ogden and R.W. El-Gendi (1997), Conditioning effect of organic waste composts on hydro-physical properties of Inshas sandy soils., *Egypt. J. Soil Sci. 37, No.3, pp. 1-11.*

Abdel-Haleem, S. M.F. Abdel-Sabbur, A.El-Shershaby and N. Walley El-Dine (1997). Assessment of uranium and thorium uptake in corn and sesame

seeds due to organic waste application to sandy soil. *Nuclear Sci. J. Vol. 34: 431-436.*

Abdel-Sabour, M.F, T. Mosalem and S.A. El-Raies, (1996). Heavy metals accumulation in corn plants grown on sandy soil amended with industrial waste and/or residential sewage sludges, *Proc. Conf. Food Borne Contamination & Egyptian's Health, Mansoura Univ. pp. 26-27.*

Abdel-Sabour, M.F. A.S. Ismail and H.Abou Naga, (1996). Environmental impact of Cairo sewage effluent on El-Gabal El-Asfer farm, *Egypt J. soil Sci. 36:329-342.*

Abdel-Sabour, M.F., (1996). Residual effects of organic waste compost application on clover : 1. Accumulation and recoveries of heavy metals in amended sandy soil., *Proc. Conf. Food Borne Contamination & Egyptian's Health, Mansoura Univ. pp. 227-236.*

Abdel-Sabour, M.F., A.S. Abdel-Haleem, A. Sroor, N. Abdel-Baset and R.A. Zaghloul (1998). Accumulation of heavy metals in two crop seeds due to soilcontamination as determined by neutron activation analysis techniques. *J. of Environmental Sci. Vol. 10:245-251.*

Abdel-Sabour, M.F., A.S. Ismail and H. Abou Naga, (1996). Environmental impact of Cairo sewage effluent on El-Gabal El-Asfer farm, *Egypt J.* soil Sci. 36:329-342.

Abdel-Sabour, M.F., F.H. Rabie and S.A. Hassan, (1998). Impact of industrial wastewater disposal on surface

water bodies in Mostord area north greater *Cairo, Proc. 4th Inter. Symposium on Environ. Geotechno., and Global Sustainable Development, Boston, Mass. USA.*

Abdel-Sabour, M.F., W. Sanad, M.A. Massoud and A.F. El-Kholi, (1988). Study of soil and plant pollution with some heavy metals, *Proc. 1st National Conf. On Environmental Studies and Research Institute of Environ. Studies and Res., Ain Shams Univ. volume 2:679-689.*

Abdel-shafy, H.I., cooper, W.J., Handley-raven, I.I. and gasey, I.S., "Short-term fate of heavy metals in the gravel-ned hydroponics wastewater treatment system" environment protection engineering, Vol. 12, No. 2, 1986, pp. 61-79.

Abo El-Seoud, M.A. M.F. Abdel-Sabour, and E.A. Omer (1997)., Productivity of Roselle (Hibiscus Sabdariffa L.) plant as affected by organic-waste composts addition to sandy soil., Environmental Protection Engineering, (in press).

Abou-Seeda,M.A.T. (1987) Chemical and environmental aspects of sewage sludge application on Egyptian soils. Ph.D. Thesis, State University of Ghent - Belgium.

APHA,(1985). Standard methods for the examination of water and wastewater. American public health association,1193pp.

Bajguza, A. (2000). Blockage of heavy metals accumulation in chlorella vulgaris cell by 24-epibrassinolid. Plant physiol. Bioch., 38:797-801.

Beauman, W.H. (1998). Water purification and treatment. Everpure. Inc. p:34-36.

Borrely, S.I.; Craz; N.L. Mastro; M.H.O.SAMPO and E.S.Somessari (1998) Radiation processing of sewage and sludge. A Review, progress in Nuclear Energy, Vol. 33, No. ½ p.p. 3021.

Chang, A.C., J. E. Warneke, A.L. Page, and L. J. Lund. 1984. Sequential extraction of soil heavy metals following a sludge application J.Environ. Qual. 13:33 – 38.

Cottenie,A., Verloo,M., Velghe,G. and Kiekens ,L. (1982) Biological and Chemical Aspects of Soil Pollution. State University of Ghent - Belgium

Diab, G.E. et al (1994) A model for recycling heavy metals polluted effluent by using the effluent in agriculture without risk . National Agriculture Research Project No. B-1-3

Eckenfeder, W. and L. cecil (1972). Progress in water technology. Vol. (1) , N.Y. press.

El- gamal I.M., H.I. abdel- shafy and K.T. hindy," impact of lead pollution on the contamination of water , soil and plants " interna. L J. environ. Management health, 4(1): 21-25, (1993).

El-gamal, I.M and Abdel-Shafy, H.I "role of land irrigation by liquid sewage in the uptake of metals

and nutrient elements by citrus plants. Biomass and Bio-energy journal, 1992.

El-Gharably, G.A.S. et al (1994) Utilization of waste waters for agricultural production in upper Egypt. National Agricultural Research Project No. C-3 - 2.

El-Sokarry,I.H. and Long.J. (1980) Status of some trace elements in Egyptian soils and wheat grains. Beitrage top landwirtsch Viterinarmed. 12Jg H. 3:249-262.

El-Wakeel, A.F., Abd-Elnaim, E. (1986) The characterization of Abo-Rawash sewage effluent and their effects on some chemical and physical properties of the sandy soil. .Minufiya J. Agric. Res. 11(2):1131-1152.

EPA (1975) Land Treatment of Municipal Wastewater Effluent, EPA Technology Transfer Seminar Publication.

EPA (1983) Process Design Manual for Land Application of Municipal Sludge. EPA, Cincinnati, USA.

FAO (1991) Wastewater Management for Agriculture. RNEA Technical Bulletin Series. Cairo.

Hall, J. Healey, F. and robinson, G.(1989). The interaction of chronic copper toxicity with nutrient limitaion of two chorophytes in batch culture. Aquat. Toxico. 14:1-14.

Hekstra, G.P. (1995) Delayed Effects of Pollutants in Soils and Sediments: Understanding and Handling of Chemical Time Bomb in Europe. Foundation for Ecodevelopment, Amsterdam, The Netherlands (Stichting MONDIAAL ALTERNATIEF).

Huck, P.M., (1990). Measurment of biodegrable organic matter and bacterial growth potential in drinking water. J. Amer. Water works ass. 82(7): 78_86.

Ismail, A.S, M.F. Abdel-Sabour and H. Abou Naga, (1996). Accumulation of heavy metals by plants as affected by application of organic wastes, *Egypt J.* soil Sci. 36:99-107.

Ismail, M.F. Abdel-Sabour and H.Abou Naga, (1996). Accumulation of heavy metals by plants as affected by application of organic wastes, *Egypt J. soil Sci. 36:99-107.*

Kassim T. I., Al- Saadi, H. and Salman, N.A. (1999) production of some phyto- and zooplankton and their use as live food for fish larvae. Iraqi. J. Agric. Proc. Of 2nd sci. confer. Nov. 19999, 4(5):188-201.

Kobata-Pendias, A. and H. Pendias, (1992). In Trace Elements in Soils and Plants. 2nd Ed. Lewis Pub. Inc.

National Academy of Science. National Academy of Engineering, Water Quality Criteria (1972). Environmental Protection Agency, Washington DC.

Pescod, M.B. (1992) Wastewater Treatment and Use in Agriculture. FAO, Rome.

Rabie, M.H., A.Y. Negm, and M.F. Abdel-Sabour, (1997). Influence of two sewage sludge sources on Faba bean and sorghum plants growth and elements uptake *Egypt. J. Soil Sci. 37:425-435.*

Ronald L. D. (1997). Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. John Wiley and Sons Inc. 800pp.

Ross, J.P. (2000) effect of toxic algae analligator and alligatoegy development. Stat water resources institute program 5:1-6.

Ross, S.M. and Kaye, K. J. (1994). Toxic metals in soil-plant system. John Wiley and sons. New York press.

Round F. E. (1975). The biology of algae. 2nd ed. Edward Arnold Pub. Ltd. 278pp.

Ryan, J.A. (1980). Manual for composting sewage sludge by the Beltsvilla Aerated-Pile Method, National Technical Information service, Spring Field, Virginia, 22161.

Saber, M.S.M. (1966) Studies on the effect of sewage effluent on the microbial activities in soil. M.Sc. Thesis, Cairo University, Egypt

Saber, M.S.M. (1986) Prolonged effect of land disposal of human wastes on soil conditions. Wat. Sci. Tech. vol. 18 .Tok, pp. 371-374.

Saber, M.S.M. (1992) Prospects of using sewage effluent for conditioning newly reclaimed desert soils. Proc. 1st National Conf. on Land Reclamation and Development in Egypt, Minia University, Egypt..

Snoeyink V. L. and Summers R.S., (1999). Adsorption of organic compounds in water quality ans treatment. 5th ed. McGrow- Hill Inc. 13.1-13.83.

Snoeyink V.L., Weber W. and H. mark (1969). Soption of phenol and nitrophenol by active carbon. Environ. Sci. andTech. J. 2(12):45-48.

Standerd methods for the examination of water and wastewater, 17th ed., (1984), APHA, AWWA, WPCF., USA.

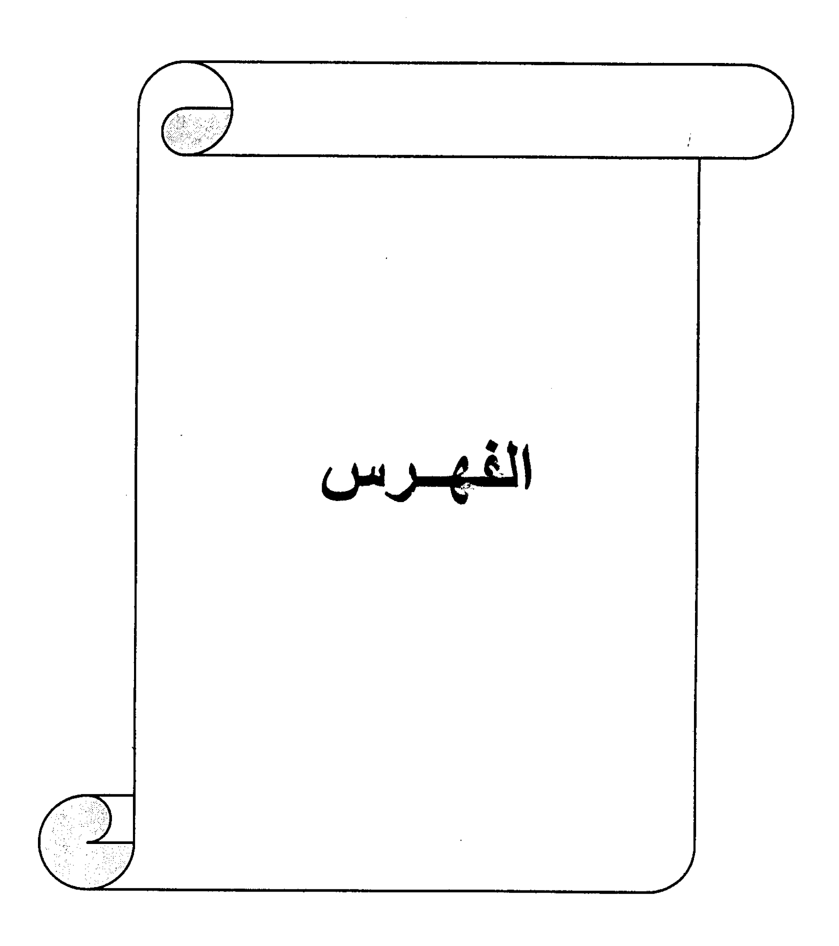
Swinwood, J.F. and F.M. Fraser (1993). Environmental application of gamma technology update on the Canadian sludge irradiator, Radiat. Phys. Chem. Vol. 42, pp. 683-687.

Tumalacv, N.R. (1986) removal of phenols using algal and bacterial cultures. (internet).

Vijverberg, J. (1989). Culture technique for studies on the growth, development and reproduction of copepods and cladocerans under laboratory and situ conditions: a review. Freshwater. Boil. 21:317-373.

WHO (1989) Health Guidelines for the Use of Waste Water in Agriculture and Aquaculture. WH, Geneva.

WHO, world health organization (1992). Our planet. Our health. WHO commission on health and environment. Geneva.


الفهرس

تقنيات معالجة النفايات السائلة
(مياه الصرف الصحي والصناعي)

الفصل الثالث
نظرة على إستخدام الإشعاع (٩١-١١٨)
في تعقيم مياه الصرف

الفصل الرابع
معالجة مياه الصرف الصناعي (١١٩-١٧٢)

الفصل الخامس
القوانين المصرية المنظمة لاستخدام مياه الصرف المعالجة (١٧٣-١٩٠)